Le réalisme

Contributions au séminaire d'histoire des sciences 1993-1994

Diffusion :

En Belgique : Br. Van Tiggelen, Centre interfacultaire d'étude en histoire des sciences, Institut supérieur de philosophie, Collège Désiré Mercier, Place du Cardinal Mercier 14, 1348 Louvain-la-Neuve.

À l'étranger : Librairie scientifique et technique Albert Blanchard, 9 rue de Médicis, 75006 Paris, France.

Illustrations de couverture :

Tracé des cercles parallèles et des lignes horaires selon Théodore Méliténiote effectué par Mlle Régine LEURQUIN d'après le *Vaticanus gr*. 792, fol. 48 ^r^.

Ms. Ashmole 1511, folio 97^r^ (détail). Aves l'aimable autorisation de The Bodleian Library (Oxford).

ISBN 2-930175-01-X

Dépôt légal D/1996/7597/2

Réminisciences 2

Le réalisme

Contributions au séminaire d'histoire des sciences 1993-1994

éditées par
Jean-François Stoffel



Louvain-la-Neuve
Centre interfacultaire d'étude en histoire des sciences
1996

Avertissement

Pour des philosophes des sciences, le terme de «réalisme» évoque immédiatement un certain nombre de concepts («phénoménisme», «phénoménalisme», «conventionnalisme»...) et d'auteurs (Poincaré, Duhem, Meyerson, Koyré, Popper...). Mais qu'évoque-t-il chez les historiens des sciences ? Telle est la question que nous avions posée aux participants de ce premier séminaire d'histoire des sciences. Il leur était ainsi demandé de réfléchir à ce terme que nous avions pris le soin de *ne pas* définir et de venir en parler depuis le point de vue qui est le leur, par le biais d'un exposé accessible aux non-spécialistes. La table des matières de ce volume montre assez l'extraordinaire diversité de leurs réponses. Qu'on n'attende donc pas de ce recueil un traitement systématique d'une notion philosophique bien ciblée, ni des communications en tout point originales : son propos est au contraire de faire part des acquis propres à chaque discipline et d'ouvrir en tous sens de nouvelles perspectives.

Nous publions donc ci-après les textes des communications suivantes : A. Tihon, *Théorie et réalité : L'exemple de l'astronomie ancienne (du VIIIe siècle acn au IIe siècle)* [5 novembre 1993] ; I. Draelants, *Les encyclopédies médiévales comme somme des connaissances : Évolution de Isidore de Séville au XIIIe siècle* [3 décembre 1993] ; A. Colinet, *L'alchimie antique et médiévale : Mystères et réalités (avant 1350)* [17 décembre 1993] ; B. van den Abeele, *La description animalière au moyen âge : Un regard diversifié sur le réel (du XIIe au XVe siècle)* [4 février 1994] ; R. Leurquin, *Astrolabe, mesure et expérience au moyen âge (aux XIVe et XVe siècles)* [18 février 1994] ; P. Radelet, *Les sciences mécaniques et mathématiques à l'époque de Copernic et Galilée (1543-1633)* [4 mars 1994] ; Br. Van Tiggelen, *Étiqueter ou définir : L'évolution de la nomenclature chimique aux XVIIe et XVIIIe siècles* [11 mars 1994] ; M. Ghins, *La réalité de l'espace et du temps chez Newton et chez Euler* [18 mars 1994] ; Ch. Tilmans-Cabiaux, *Le rapport de l'idée théorique à l'expérimentation chez Hahnemann (1800-1870)* [22 avril 1994] ; J. Mawhin, *La Terre tourne-t-elle ? Autour de la philosophie scientifique de Henri Poincaré (XIXe-XXe siècles)* [6 mai 1994] ; M. Willem, *Paul Lévy : Des probabilités subjectives aux probabilités objectives (XXe siècle)* [3 juin 1994].

En revanche, les contributeurs suivants n'ont pas souhaité publier leur texte : A. Allard, *Le calcul arithmétique médiéval entre 1000 et 1500* [19 novembre 1993] ; B. Hespel, *Newton réaliste, ou l'«Opticks» (1704) occultée par les «Principia» (1687)* [25 mars 1994] ; D. Lambert, *Entre algèbre et logique : Factorisation des formes quadratiques et réalisme mathématique (aux XVIIIe et XIXe siècles)* [1er avril 1994] ; Fr. Ladeuze, *La représentation graphique dans les plans de mines (1820-1950)* [22 avril 1994] et J.-Fr. Stoffel, *Alexandre Koyré contre Pierre Duhem : Un débat séculaire entre réalistes et phénoménistes (XIXe-XXe siècles)* [20 mai 1994].

Théorie et réalité
L'exemple de l'astronomie ancienne

Anne Tihon
Professeur à l'Université catholique de Louvain

L'astronomie présente, parmi les sciences, une particularité, c'est que son objet est par nature insaisissable. On ne peut en aucune manière le soumettre à une quelconque expérimentation, comme on peut le faire pour l'arithmétique, la géométrie, les sciences naturelles, la physique, la musique... C'est pourquoi l'histoire de l'astronomie ancienne est d'abord l'histoire d'un défi posé à l'intelligence humaine. En ce qui concerne notre thème, le rapport avec la réalité, il va être en quelque sorte constamment éludé car, ici, la réalité avec laquelle le savant sera confronté ne sera jamais que les apparences : ce qui apparaît à l'homme placé sur la Terre et observant le ciel. Je devrai donc presque toujours parler de relation non pas avec le réel, mais avec les apparences.

Dans le monde méditerranéen et au moyen Orient –je me limite ici aux civilisations qui ont été à l'origine de notre civilisation occidentale– ce sont les Babyloniens, semble-t-il, qui ont fait les premiers des observations précises et essayé de maîtriser par le calcul le cours des astres (1). Dès les environs de 1650 a.c.n., on a des observations précises de Vénus par exemple. Les Babyloniens croyaient que les phénomènes célestes représentent des présages pour ce qui se passe sur la Terre : une éclipse, par exemple, annonce la mort ou la chute d'un roi. D'où l'importance de les observer et d'arriver à les prévoir. Les Babyloniens ont donc observé avec une grande finesse et ont laissé des tables astronomiques.

Précisons un peu la chronologie. Les observations babyloniennes remontent surtout au VIIIe siècle avant notre ère : Ptolémée, en effet, utilise

(1) Pour une présentation générale de l'astronomie babylonienne, voir le chapitre sur la Mésopotamie par R. LABAT et E. M. BRUINS, dans *La science antique et médiévale*, pp. 121-136 ; M. RUTTEN, *La science des Chaldéens* ; O. NEUGEBAUER, *Les sciences exactes dans l'Antiquité*, pp. 131-183.

beaucoup d'observations babyloniennes, notamment d'éclipses, qui remontent à 721 a.c.n. et aux années qui suivent. Ceci est confirmé par des tablettes consignant des observations systématiques dès les environs de 700 a.c.n. Mais c'est seulement au IVe siècle avant Jésus-Christ que l'astronomie babylonienne atteint son plein développement. La plupart des tablettes astronomiques, en effet, datent de l'époque des Séleucides (à partir de 311 a.c.n.).

Les tables babyloniennes sont surtout basées sur des progressions arithmétiques, parfois sous des formes assez complexes, qui essaient de recouvrir de manière plus ou moins fine les révolutions des astres ou autre phénomène céleste. Il n'y a, dans les tablettes, aucune théorie : celles-ci donnent tantôt des recettes de calcul pragmatiques, assez obscures et sans justifications théoriques, tantôt les éphémérides qui résultent de tels calculs. Dès lors, on peut dire que, de même qu'en arithmétique ou en géométrie, les Babyloniens, malgré des inventions géniales comme le calcul sexagésimal, n'ont pas développé de véritable science : il leur manque la généralisation, l'abstraction et la démonstration. Les Égyptiens, bon calculateurs eux aussi, ont laissé peu de choses importantes en matière d'astronomie –je simplifie très fort évidemment. Eux aussi avaient un esprit essentiellement empirique, et on ne trouve aucune théorie explicite dans les textes mathématiques égyptiens.

Ce sont donc les Grecs qui ont introduit la capacité d'abstraction, la démonstration. Cet esprit de démonstration, de généralisation, quand il fusionnera avec les données empiriques accumulées par les civilisations voisines babyloniennes et égyptiennes donnera la science comme nous l'entendons aujourd'hui. Cela se passera à l'époque alexandrine, au IIIe siècle avant notre ère.

Mon propos est de retracer, à ma façon, les étapes des développements de l'astronomie grecque ancienne en montrant quelles ont été les différentes manière d'appréhender non pas la «réalité» en ce domaine, mais, dirions-nous, la «réalité apparente» des choses astronomiques. Cette présentation ne donnera pas une idée complète de l'astronomie ancienne : d'une part, les lacunes de notre documentation sont considérables ; d'autre part, je n'ai retenu ici que ce qui me semblait illustrer le thème de ce séminaire. Enfin, on tiendra compte du fait qu'un exposé de ce genre nécessite de grandes simplifications.

I. Premières approches

1. Première étape : La mythologie

Chez Homère (VIIIe s. a.c.n.) et chez Hésiode (ca 700 a.c.n.), les phénomènes naturels sont expliqués par l'action des divinités : c'est Poseidon qui provoque les tremblements de terre, Zeus, la foudre, Iris, l'arc-en-ciel, etc. Mais à côté de cela, il y a, chez Homère et surtout chez Hésiode dans les *Travaux et les Jours*, des observations élémentaires, notamment sur les levers et couchers des étoiles, qui marquent les travaux saisonniers, pour les agriculteurs ou les marins. On note que tel jour, telle étoile se lève, il fera de la pluie, de la neige ou du vent, tel oiseau revient ou s'en va, etc. Ces calendriers ont existé pendant toute l'époque gréco-romaine et on les affichait même dans les cités. Ce sont les *parapegmata*, ainsi appelés parce qu'on fichait des sortes de clou pour représenter les étoiles dans des trous préparés à cet effet (2).

2. Deuxième étape : «Physique» ou cosmologique

La deuxième étape pourrait être qualifiée de «physique». Elle représente les recherches des philosophes dits «présocratiques» (3). On appelle ainsi les penseurs qui ont comme caractéristiques :

(1) d'avoir vécu avant Socrate (cependant, on appelle aussi présocratiques des gens qui ont vécu après Socrate, mais qui se rattachent par le type de pensée aux prédécesseurs de Socrate) ;

(2) d'avoir étudié la nature dans son ensemble – ils ont tous écrit un Περὶ φύσεως, *De la nature* ;

(3) d'avoir cherché à expliquer l'Univers par un «principe premier», l'ἀρχὴ (le mot en grec signifie à la fois «commencement» et «commandement»). Ce «principe premier» a varié selon les philosophes : l'eau, l'air, l'infini ou indistinct, l'immobilité, le mouvement, la querelle, ou autre. Ce principe est choisi selon une certaine base expérimentale : l'eau est source de toute vie, et ainsi de suite.

(2) Voir par exemple H.G. GUNDEL, *Zodiakos*, p. 45, Abb. 17 ou p. 216, Kat. Nr. 36.

(3) Les fragments des présocratiques sont édités dans H. DIELS, *Die fragmente der Vorsokratiker* (= DK) ; sélection, avec traduction et commentaire dans G.S. KIRK et J.E. RAVEN, *The Presocratic Philosophers* (= KR). Voir aussi D.R. DICKS, *Early Greek astronomy to Aristotle.*

Avant de commenter l'apport de ces philosophes, je voudrais d'abord attirer l'attention sur le problème des sources. On n'a conservé, en effet, aucune de leurs œuvres, sinon quelques maigres fragments. Ceux-ci sont fiables, mais tirés de leur contexte et souvent fort brefs et obscurs. Les témoignages indirects sont de deux sortes : ceux qui proviennent de l'école d'Aristote, où l'on peut penser que les œuvres originales étaient encore accessibles ; et les autres souvent fort tardifs et suspects. Il est surprenant de voir que quantité d'études qui retracent avec une belle assurance les théories de ces penseurs mettent tous les témoignages sur le même plan. Il convient donc de se méfier des trop belles reconstructions (4) !

À travers tous ces fragments de valeur diverse on voit apparaître :

(1) Des explications très pittoresques et poétiques, d'authenticité pas toujours sûre, des phénomènes célestes : les astres sont des coques remplies de feu qui, en pivotant sur elles-mêmes provoquent des éclipses ou les phases de la Lune (5) ; ou bien ce sont des couronnes de feu qu'on voit par des ouvertures qui s'ouvrent et se referment (6)... etc.

(2) Un type d'explication très grecque qui tourne résolument le dos à la réalité observée. Par exemple, Empédocle dit que le Soleil que nous voyons n'est pas le Soleil réel, mais le reflet d'un Soleil apparent qu'on ne voit pas –il s'agit ici d'un fragment authentique (7). Ou bien Philolaos place au centre du monde un feu central et, pour avoir dix corps célestes, nombre parfait pour les Pythagoriciens, ajoute une anti-Terre qu'on ne voit jamais, puisqu'elle est toujours de l'autre côté (8) ...

(3) Mais aussi, petit à petit, des notions scientifiques plus justes apparaissent : que la Lune reçoit sa lumière du Soleil (9) ; explication correcte des éclipses (10) ; que l'univers est sphérique ; que les astres sont des pierres : ceci fut avancé par Anaxagore (11) –sans doute la chute d'un météorite à Aegos Potamos en 467 a.c.n. avait-elle suscité cette idée.

(4) Sur la critique des sources, voir D.R. DICKS, *Early Greek astronomy to Aristotle,* p. 40 ss.

(5) HÉRACLITE (DK 22 A 1 ; KR 227).

(6) ANAXIMANDRE (DK 12 A 11 ; KR 127).

(7) EMPÉDOCLE (DK 31 A 56).

(8) PHILOLAOS (DK 44 A 16 ; KR 332, p. 260).

(9) PARMÉNIDE (DK 28 B 14-15).

(10) ANAXAGORE (DK 59 A 42 ; KR 529).

(11) ANAXAGORE (DK 59 A 42 ; KR 529).

Anaxagore aurait été traîné au tribunal pour avoir dit que le Soleil était du métal en fusion [12].

Une place à part doit être faite aux Pythagoriciens pour qui tout était nombre. Ce sont eux qui ont essayé, pour la première fois, d'expliquer des phénomènes physiques comme, par exemple, la hauteur des sons musicaux, par un langage purement mathématique, par des rapports de nombres. Cette application d'un langage purement mathématique représente une étape importante dans l'approche scientifique, même si les Pythagoriciens se sont souvent fourvoyés dans l'excès même de leurs recherches.

3. Socrate : Approche «morale»

La troisième étape, je la qualifierais de «morale», ce terme étant pris dans un sens très large. Elle est propre à Socrate.

Dans le *Phédon*, Platon met en scène Socrate, qui se dit déçu par les recherches des philosophes qui ont écrit des ouvrages *Sur la nature* (περὶ φύσεως ἱστορίας). Puis il entend parler des livres d'Anaxagore qui explique tout par l'Intelligence (Νοῦς). Voici le passage en question :

> «Or, voici qu'un jour j'entendis faire une lecture dans un livre qui était, disait-on, d'Anaxagore et où était tenu ce langage : “C'est en définitive l'Esprit qui a tout mis en ordre, c'est lui qui est cause de toutes choses”. Une telle cause fit ma joie ; il me sembla qu'il y avait, en un sens, avantage à faire de l'Esprit une cause universelle : s'il en est ainsi, pensai-je, cet Esprit ordonnateur, qui justement réalise l'ordre universel, doit aussi disposer chaque chose en particulier de la meilleure façon qui se puisse : voudrait-on, pour chacune, découvrir la cause selon laquelle elle naît, périt ou existe ? ce qu'il y aurait à découvrir à son sujet c'est selon quoi il est le meilleur pour elle soit d'exister soit de subir ou de produire quelque action que ce soit. [...]
>
> «Je me figurais avoir découvert l'homme capable de m'enseigner la cause, intelligible à mon esprit de tout ce qui est. Oui, Anaxagore va me faire comprendre si, en premier lieu, la terre est plate ou ronde, et, en me le

(12) ANAXAGORE (DK 59 A 1 ; KR 487).

faisant comprendre, il m'expliquera plus en détail pourquoi cela est nécessaire : puisqu'il dit ce qu'il vaut mieux, il dira aussi que, pour la terre, telle forme valait mieux. S'il me dit ensuite qu'elle est au centre, en détail, il m'expliquera aussi comment il valait mieux qu'elle fût au centre. [...]

«Naturellement, pour le soleil j'étais aussi tout prêt à recevoir cette même sorte d'enseignement, et pour la lune encore, et pour le reste des astres, tant au sujet de leurs vitesses relatives que de leurs retours et de leurs autres vicissitudes ; oui, comment enfin, pour chacun, il vaut mieux produire ou subir en fait ces choses-là. Pas un instant en effet il ne me serait venu à la pensée que, déclarant que tout cela avait été mis en ordre par l'esprit, il eût à ce propos mis en avant une cause autre que celle-ci : la meilleure manière d'être pour tout cela, c'est précisément la manière d'être de tout cela [...]» (13).

Ce passage a quelque chose de fascinant. Dans le contexte général, Socrate veut inciter ses auditeurs à rechercher les vraies causes des choses et non pas des causes immédiates, matérielles, physiques. Par exemple, il continue en disant, en substance : si je suis assis parmi vous, ce n'est pas parce que mes muscles se contractent de telle ou telle façon, que mes membres sont à même de se plier de telle façon, et ainsi de suite. Mais la vraie cause, c'est le Bien : c'est parce qu'il est meilleur pour moi d'être ici (ce qui ne manque pas d'ironie dans les circonstances).

Socrate veut donc détacher ses auditeurs de la recherche matérielle, triviale, pour les pousser à rechercher la finalité ultime, qui est pour chaque chose, son bien.

Dans ce passage, Socrate affirme sa croyance en une Providence qui dirige le monde, une Divinité qui ordonne tout pour le bien de chacun. Quelle importance que la Terre soit ronde ou plate ? Si la Terre est plate, c'est qu'il est mieux pour elle d'être plate ; si elle est ronde, alors c'est qu'il est mieux pour elle d'être ronde. De même si Socrate est assis parmi ses amis avant de boire la ciguë, c'est qu'il est mieux pour lui d'être ainsi. La méthode de recherche consiste à voir ce qui est le Bien pour chaque chose et ainsi, on découvrira ce qu'elles sont. Quel dommage que cette méthode ne puisse pas marcher !

(13) PLATON, *Phédon*, 97b ss (traduction Léon ROBIN).

4. Platon : Au-delà des apparences

Platon lui aussi va pousser ses disciples à rechercher au-delà des apparences. Dans la *République* (521 ss), il définit les sciences propres à élever l'âme du philosophe, et parmi elles l'astronomie. Non pas, comme le croit naïvement son interlocuteur, parce que l'objet qu'étudie l'astronomie se situe en haut (cela reviendrait à croire que celui qui étudie les ornements d'un plafond élève son âme par cette contemplation !), mais il s'agira de découvrir les «vrais» nombres, les «vraies» vitesses et les «vraies» lenteurs... Je cite :

> «Ces constellations variées du firmament sont brodées dans une matière visible. De ce fait, bien qu'elles soient, il faut le reconnaître, ce qu'il y a de plus beau et de plus exact dans cet ordre, elles sont bien inférieures aux constellations vraies et à ces mouvements suivant lesquels la vraie vitesse et la vraie lenteur, selon le vrai nombre et dans toutes les vraies figures, se meuvent en relation l'une avec l'autre et meuvent en même temps ce qui est en elles ; et ce sont là des choses perceptibles par la raison et l'intelligence, mais par la vue non pas.
>
> «[...] c'est donc [...] en nous posant des problèmes que nous étudierons l'astronomie, comme la géométrie ; mais nous ne nous arrêterons pas à ce qui se passe dans le ciel [...]» (14).

Cet objectif, Platon l'aurait posé en termes précis, selon Simplicius, sous cette forme : «Par quelles hypothèses au moyen de mouvements uniformes, circulaires et déterminés pourront être sauvées les apparences qui concernent les planètes» (15).

L'expression «sauver les apparences» est devenue le but de l'astronomie ancienne. Cependant, actuellement beaucoup d'historiens de l'astronomie considèrent que cette formule, qui nous est rapportée par un auteur vivant près de 900 ans après Platon, n'est pas réellement un objectif du temps de Platon, mais une préoccupation de l'époque hellénistique.

(14) PLATON, *République*, 529 a (traduction Émile CHAMBRY).

(15) SIMPLICIUS, *Comm. au* De Caelo *d'Aristote* (ed. Heiberg), p. 492. Autre formulation, p. 488 : «par quels mouvements supposés uniformes et déterminés peuvent être sauvées les apparences au sujet des mouvements des planètes».

Et, en effet, lorsqu'on voit les systèmes proposés de manière mythique et obscure par Platon (dans le mythe d'Er, dans le *Timée*), on voit qu'il ne se soucie nullement des apparences. Dans le mythe d'Er, raconté dans la *République* (616b), Platon décrit une machinerie planétaire faites d'anneaux renflés emboîtés les uns dans les autres, encore à la manière des présocratiques, et qu'on n'arrive pas à accorder avec les caractéristiques des mouvements planétaires. Dans le *Timée*, il donne une construction de rapports mathématiques déconnectés (malgré les efforts des chercheurs modernes) de toute réalité.

Mais on doit à Platon d'avoir obligé vigoureusement les savants à chercher les lois qui se trouvent derrière les objets. Parler de lois scientifiques est certainement anachronique, mais c'est en tout cas l'ébauche de cette démarche.

On lui doit aussi l'affirmation de principes qui vont peser très lourd sur les développements ultérieurs de l'astronomie :

(1) mouvements circulaires uniformes (*Timée* 34a)

(2) position centrale et immobilité de la Terre (*Timée* 40b) [16], etc.

Ces principes seront établis et démontrés encore plus solidement par Aristote dans le *De caelo* (286a, 269a, 296b...) et deviendront les bases intangibles de toute construction astronomique. Du point de vue qui nous occupe, nous remarquons d'emblée la contradiction formelle avec les apparences, puisque aucune planète n'a de mouvement circulaire et que aucune vitesse n'est uniforme.

II. Les systèmes

À présent que les bases sont jetées, on peut aborder les différents systèmes astronomiques qu'ont proposés les Anciens.

Distinguons ici la sphère céleste dans son ensemble et les différents systèmes imaginées pour rendre compte des mouvements des planètes et les calculer.

(16) Ce passage a été discuté et certains ont prétendu que Platon donnait un mouvement à la Terre, ce qui ne semble pas conforme au texte grec.

1. La sphère céleste

Voici comment les anciens Grecs de l'époque hellénistique (IIIe s a.c.n.) se représentaient la sphère céleste :

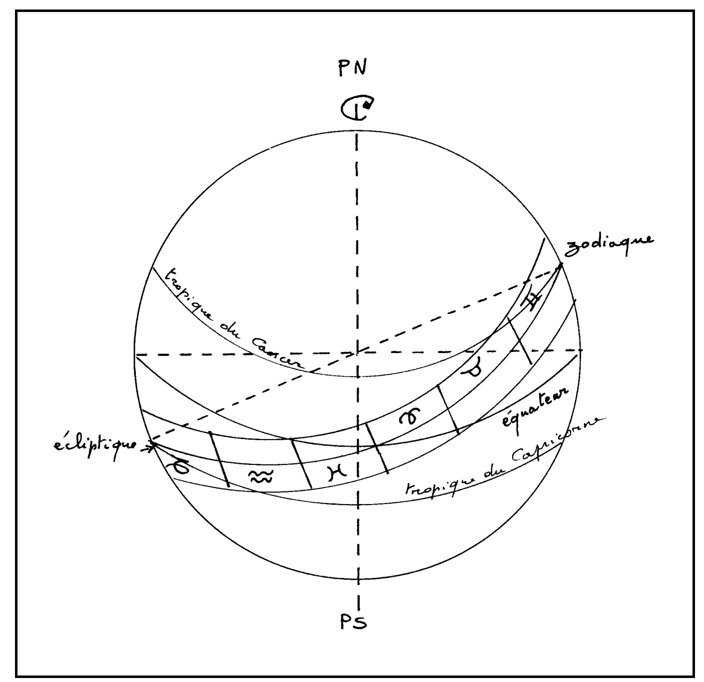


Illustration n°1.
La sphère céleste.

Il s'agit d'une visualisation géométrique –toujours valable d'ailleurs– du ciel qui nous entoure. Quand cette conception s'est-elle fixée ? En tout cas au IIIe s. et peut-être un peu avant, du temps d'Aristote. C'est un outil de travail admirable. La sphère céleste ainsi représentée en solide permet de visualiser tout ce qui se rapporte à l'astronomie sphérique et tout ce qui se produit du fait de la rotation journalière du ciel : longueur du jour et de la nuit, ascensions, etc. On y voit tous les arcs, toutes les figures qui se forment au cours de la rotation de la sphère. Si l'on y ajoute des graduations pour les coordonnées verticales et horizontales et un cercle de visée, on obtient la sphère armillaire, l'instrument astronomique par excellence, qui

aura une carrière de quinze siècles au moins dans les observatoires. Si l'on remplit la sphère en y dessinant les constellations, on a un globe céleste.

Les Grecs ont consacrés bon nombre de traités consacrés aux mouvements de cette sphère ou à sa description : Théodose, Autolycus, Géminus, etc. Et la description mythologique des constellations est due au poète Aratos (IIIe s. a.c.n.).

2. Les systèmes astronomiques

Mais la sphère ne montre rien en ce qui concerne les mouvements des cinq planètes (auxquelles on ajoute le Soleil et la Lune), puisque celles-ci ont un déplacement propre dans la bande du zodiaque. Comment rendre compte de ces mouvements, en tenant compte du postulat des mouvements circulaires uniformes ?

A. *Le système d'Eudoxe*

Eudoxe, qui aurait été l'élève de Platon, avait imaginé un système constitué de sphères concentriques (homocentriques) emboîtées les unes dans les autres : il imagine que chaque planète est emportée par quatre sphères animées d'un mouvement (toujours circulaire uniforme), mais en sens différents et selon un axe différent. La combinaison des mouvements de ces quatres sphères reproduit les trajectoires capricieuses de la planète concernée. Pour le Soleil et la Lune, il imaginait pour chacun trois sphères.

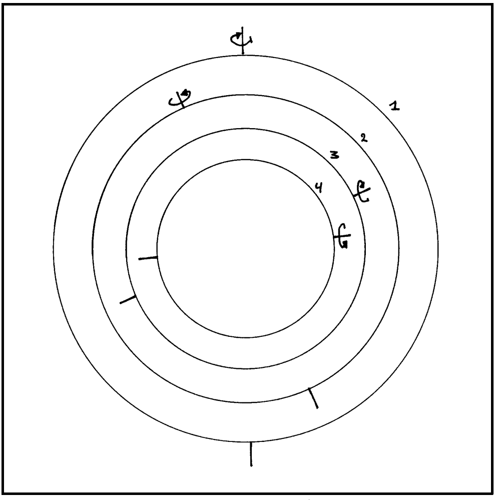


Illustration n°2.
Le système planétaire d'Eudoxe.
(cf. la légende de l'illustration n°3).

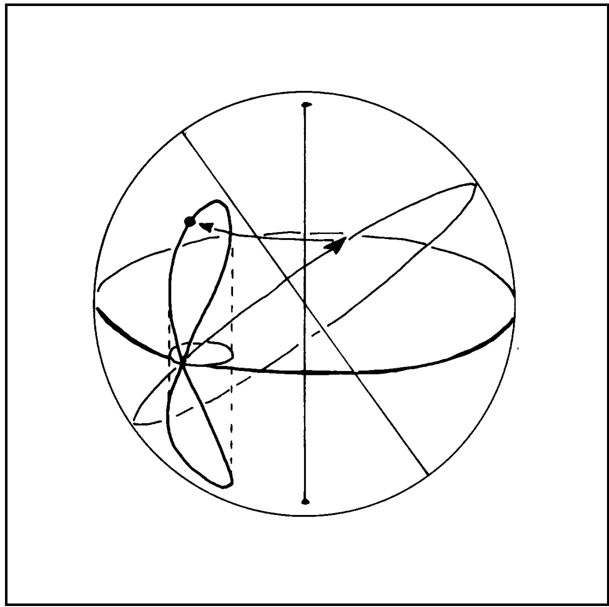


Illustration n°3.

Pour les planètes, Eudoxe imagine quatre sphères emboîtées tournant selon des axes différents. Les sphères 3 et 4 tournent à même vitesse, mais en sens opposé et selon des axes différents (ill. n°2). La combinaison de leur mouvement produit une figure en forme de 8, qui est l'intersection d'une sphère et d'un cylindre et qu'Eudoxe appelait «hippopède» (ill. n°3).

(figure d'après A. AABOE, *Scientific astronomy in Antiquity*).

Il s'agit d'une construction géométrique (ou mécanique) remarquable, malheureusement, l'œuvre d'Eudoxe étant perdue, on ne sait pas exactement comment il la démontrait, ni comment il la concevait. Aristote et son astronome Calippe ont repris ce système en y ajoutant des «sphères compensatoires» destinées à annuler le mouvement des sphères précédentes (ce qui montre une «matérialisation» plus grande que chez Eudoxe).

Le système a été abandonné parce qu'il ne permettait pas de calculer facilement et parce qu'il ne rendait pas compte des irrégularités de vitesse (irrégularités des saisons pour le Soleil) ni des différences d'éloignement (très visibles pour la Lune).

B. *Le système à épicycle et à excentrique*

Le système d'Eudoxe a été supplanté par un autre système beaucoup plus efficace du point de vue mathématique : le système à épicycle et à excentrique. Un épicycle est un petit cercle qui se meut sur un autre. Un excentrique est un cercle décentré par rapport à la Terre. Il aurait été inventé par Apollonius de Perge (IIIe s. a.c.n.) (17).

Ce système permettait de rendre compte de vitesses irrégulières, de différences d'éloignement et permettait de mettre en tables numériques toutes les vitesses angulaires –toujours circulaires uniformes. Ptolémée, le grand astronome de l'antiquité (IIe s. p.c.n.) en fera un usage intensif et imaginera des combinaisons de plus en plus complexes, comme ceci :

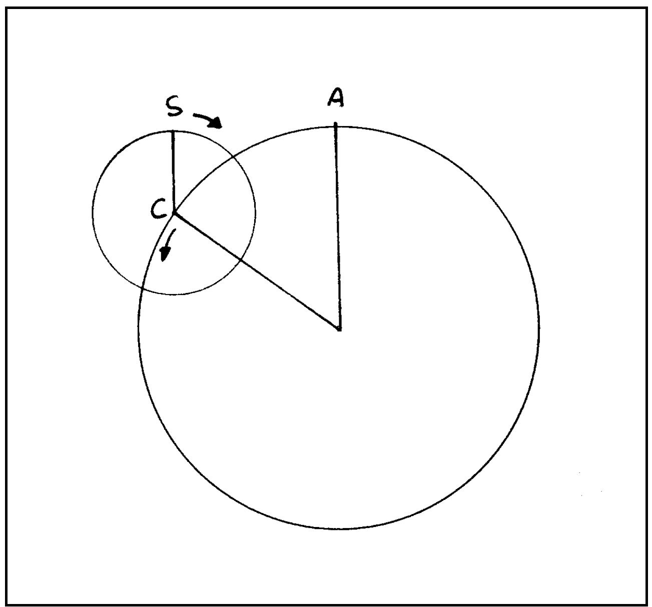


Illustration n°4.
Modèle de Ptolémée pour le Soleil.
Le Soleil (S) circule en sens direct sur un épicycle de centre C qui à son tour fait le tour de l'écliptique à même vitesse.

(17) Cf. PTOLÉMÉE, *Alm.* II, p. 450.

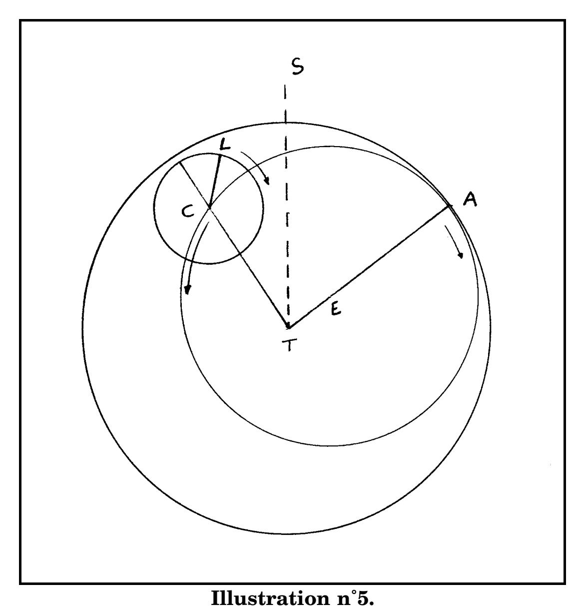


Illustration n°5.
Modèle de Ptolémée pour la Lune.

La Lune (L) circule en sens rétrograde sur un épicycle de centre C. Celui-ci fait le tour d'un excentrique de centre E, tandis que celui-ci fait le tour de l'écliptique (de centre T).

C'était un outil efficace, mais complexe et qui, malgré les efforts de Ptolémée, n'arrivera pas à rendre compte parfaitement des positions des planètes. Fait paradoxal, l'inventeur du système, Apollonius, qui a écrit des œuvres majeures en géométrie sur les sections coniques, était parfaitement à même de calculer des ellipses. Mais tout autre forme de mouvement que le mouvement circulaire était impensable pour les anciens en ce qui concerne les astres.

Aux yeux des Grecs, ces excentriques et épicycles étaient de pures constructions mathématiques, sans aucune existence concrète, matérielle. Il s'agissait simplement d'arriver à calculer les longitudes ou les latitudes, et l'on utilise pour le Soleil deux constructions équivalentes (l'une à épicycle, l'autre à excentrique) en choisissant ce qui est le plus facile pour résoudre le problème proposé. Ceci ne posait guère de difficulté à l'esprit des Grecs. L'Occident médiéval, au contraire, héritier d'une mentalité romaine beaucoup plus concrète et rigide, aura beaucoup plus de mal à admettre un système qui n'avait aucune «réalité» matérielle.

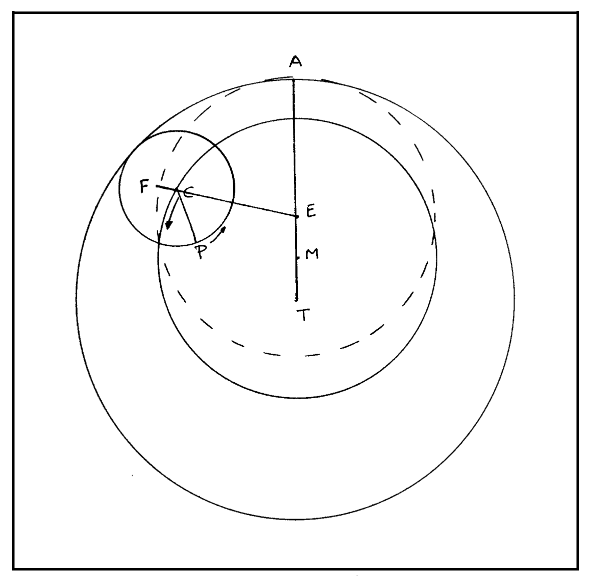


Illustration n°6.
Modèle de Ptolémée pour les planètes.

La planète (P) circule en sens direct sur un épicycle de centre C. Celui-ci fait le tour d'un excentrique de centre M, mais sa vitesse, régulière et uniforme, est réglée par le rayon EF d'un autre excentrique de centre E. Pour Mercure, la construction est légèrement différente.

Ptolémée, cependant, toujours désireux de couvrir tous les aspects d'un problème, a voulu aussi présenter son système φυσικῶς, c'est-à-dire d'un point de vue «physique», matériel, de manière à ce qu'il puisse être représenté mécaniquement par un instrument en trois dimensions (18) : c'est ce qu'il a essayé dans les *Hypothèses des planètes*. Inutile de dire que la tâche était particulièrement ardue !

Je n'ai rien dit du soi-disant système héliocentrique d'Aristarque de Samos (IIIe s. a.c.n.) (19). C'est que nous n'en avons qu'un fragment –une mention par Archimède– et l'on voit qu'il ne s'agit pas d'un système astro-

(18) Ceci est dit explicitement dans la version arabe des *Hypothèses* (cf. R. MORELON, *La version arabe du* Livre des hypothèses *de Ptolémée*, pp. 14-17).

(19) Sur ce problème, voir J. MOGENET, *Aristarque de Samos et les précurseurs de Copernic*.

nomique complet. Aristarque considère simplement trois corps célestes : le Soleil, la Terre et les étoiles fixes, et son hypothèse qui place le Soleil au centre du monde est simplement destinée à essayer d'évaluer la distance des étoiles fixes –de même qu'il a écrit des œuvres sur les distances du Soleil et de la Lune, en plaçant cette fois la Terre au centre du monde. Cela semble n'être rien de plus qu'une hypothèse de travail, mais nous en savons trop peu pour en discuter longuement.

Je termine ici mon exposé. La science véritable est née, je l'ai dit, dans un milieu privilégié et à une époque privilégiée : à Alexandrie, au IIIe siècle avant Jésus-Christ. À ce moment se produit la fusion de deux mentalités : l'esprit pragmatique et calculateur des Orientaux (aussi bien les Babyloniens que les Égyptiens) et l'esprit abstracteur, raisonneur et démonstrateur des Grecs. Mais ceux-ci avaient un peu trop tendance à ignorer la réalité. En astronomie, comme dans beaucoup de sciences d'ailleurs, les Grecs ne feront de progrès décisifs que quand ils s'astreindront à tenir compte vraiment des réalités, à savoir des observations –l'œuvre de Ptolémée repose sur une masse considérable d'obervations reprises aux Babyloniens, à ses prédécesseurs grecs, ou les siennes propres. Mais les Grecs avaient compris aussi que la réalité devait s'expliquer par des voies qui peuvent s'en détacher– des choses qui ne sont perceptibles que par l'Intelligence et la Raison, comme le dit Platon. C'est d'une sorte de miraculeux équilibre entre soumission à la réalité et recréation de celle-ci par l'intelligence que la science a pu naître.

Bibliographie

Auteurs anciens

ARISTOTE, *Du ciel* / texte établi et traduit par Paul MORAUX. – Paris : Les Belles Lettres, 1965. – (Collection des universités de France).

EUDOXE DE CNIDE : voir LASSERRE.

PLATON, *Phédon* / texte établi et traduit par Léon ROBIN, dans *Œuvres complètes*. – Vol. IV, 1re partie. – Paris : Les Belles Lettres, 1960.

—, *La République (livres IV-VII)* / texte établi et traduit par Émile CHAMBRY, dans *Œuvres complètes*. – Vol. VII, 1re partie. – Paris : Les Belles Lettres, 1946.

—, *Timée - Critias* / texte établi et traduit par Émile CHAMBRY, dans *Œuvres complètes*. – Vol. X. – Paris : Les Belles Lettres, 1985. – (Collection des universités de France).

PRÉSOCRATIQUES : voir DIELS, DUMONT, KIRK et RAVEN.

PTOLÉMÉE, *Claudii Ptolemaei opera quae exstant omnia*, vol. I : *Syntaxis mathematica*, vol. II : *Opera astronomica minora* / ed. J.-L. HEIBERG. – Leipzig : Teubner, 1898, 1903 et 1907.

—, *Ptolemy's Almagest* / translated by G. TOOMER. – London, 1984. – (2e éd., New York ; Berlin ; Heidelberg ; Tokyo, 1984).

SIMPLICIUS, *Simplicii in Aristotelis* De caelo *commentaria* / ed. J.L. HEIBERG. – Berlin, 1894. – (Commentaria in Aristotelem graeca ; VII).

Ouvrages modernes

AABOE (A.), *Scientific astronomy in Antiquity*, dans *The place of astronomy in the Ancient World* / ed. by Fr. HODSON. – British Academy : Oxford University Press, 1974. – pp. 21-42.

DICKS (D. R.), *Early Greek astronomy to Aristotle*. – Ithaca ; New York, 1970.

DIELS (H.), *Die fragmente der Vorsokratiker* / herausgegeben von Walther KRANZ. – Dublin ; Zürich : Weidmann, 1971-1972.

DUHEM (P.), *Le système du monde : Histoire des doctrines cosmologiques de Platon à Copernic*. – Vol. I. – Paris : Hermann, 1913.

DUMONT (J.-P.), *Les écoles présocratiques*. – [Paris] : Éditions Gallimard, 1991. – (Folio/Essais).

GUNDEL (H.G.), *Zodiakos : Tierkreisbilder im Altertum*. – Mainz am Rhein : Philip von Zabern, 1992.

HISTOIRE générale des sciences, t. I : *La science antique et médiévale (des origines à 1450)* / sous la direction de René TATON. – 2e édition. – Paris : Presses Universitaires de France, 1966.

KIRK (G.S.) - RAVEN (J.E.), *The presocratic philosophers*. – Cambridge : Cambridge University Press, 1957.

LASSERRE (Fr.), *Die Fragmente des Eudoxus von Knidos*. – Berlin : De Gruyter, 1966.

MOGENET (J.), *Aristarque de Samos et les précurseurs de Copernic*, dans *Colloques d'histoire des sciences I (1972) & II (1973)*. – Louvain : Éditions Nauwelaerts, 1976. – pp. 127-138. – (Recueil de travaux d'histoire et de philologie ; 6e série, fasc. 9).

MORELON (R.), *La version arabe du* Livre des Hypothèses *de Ptolémée*. – Louvain ; Paris, 1993. – (Mélanges de l'Institut Dominicain du Caire [MIDEO] 21).

NEUGEBAUER (O.), *A history of mathematical astronomy*. – Berlin ; Heidelberg ; New York : Springer Verlag, 1975. – 3 vol.

—, *Les sciences exactes dans l'Antiquité* / essai traduit de l'américain par Pierre SOUFFRIN. – Arles : Actes Sud, 1990.

PEDERSEN (O.), *A survey of the Almagest*. – Odense, 1974. – (Acta historica scientiarum naturalium et medicinalium ; 30).

RUTTEN (M.), *La science des Chaldéens*. – Paris : Presses Universitaires de France, 1970. – (Que sais-je ?).

VAN DER WAERDEN (B.-L.), *Anfänge der Astronomie*. – Groningen, [1965]. – (Erwachende Wissenschaft II).

Les encyclopédies comme sommes des connaissances

(d'Isidore de Séville au XIIIe siècle, avec les fondements antiques)

Isabelle Draelants
Assistante à l'Université catholique de Louvain

À défaut de présenter un exposé complet de l'évolution de l'encyclopédie du VIIe au XIIIe siècle, nous nous attacherons plutôt, dans une optique de vulgarisation, à faire comprendre ce qui fait l'unité d'un genre à travers ses manifestations les plus évidentes, à montrer quel fut son apport à la civilisation occidentale et surtout, le lien qu'entretinrent ces textes encyclopédiques avec le réel, d'un point de vue scientifique.

Dans ce but, nous avons articulé le texte de la façon suivante : après une introduction au concept d'«encyclopédie», tel que nous croyons pouvoir le définir, nous retracerons quelques grandes tendances, ou étapes de son développement, et esquisserons les prémices de l'encyclopédie médiévale, pour mettre en évidence ensuite les auteurs représentatifs. Pas à pas, l'exposé s'émaillera d'exemples puisés dans les textes (1), afin de souligner les choix opérés par leurs auteurs, tels qu'ils peuvent s'exprimer par exemple dans leur plan de conception, et le rapport qu'ils ont entretenu avec la réalité.

I. Le concept d'encyclopédie

L'optique défendue dans cette contribution repose sur deux a priori. D'une part, il ne sera question que de l'Occident latin, de l'Antiquité tardive au début du XIIIe siècle, pour mettre en évidence ce qui, dans l'héritage antique, viendra fonder le moyen âge. D'autre part, on ne s'arrêtera pas au terme «encyclopédie», mais à la volonté de rassembler, de compiler des connaissances.

(1) Pour tous les auteurs mentionnés, on se référera aux éditions et aux travaux donnés en fin d'article.

Le concept d'«encyclopédie» remonte aux mondes hellénistique et romain: il s'agit d'un programme d'instruction qui embrasse tout le cycle du savoir (*orbis doctrinae* ou ἐγκυκλιος παιδεια). Ce mot n'a été utilisé qu'à partir du XV[e] siècle italien, comme titre de livre ou comme genre littéraire, pour des réalités contemporaines autant que pour des travaux antiques et médiévaux, de sorte qu'il n'a jamais fait partie du lexique scientifique du moyen âge. Comme synthèse du savoir disponible, le terme sera repris par Diderot et d'Alembert, en 1750.

Cette volonté de faire la somme des connaissances humaines jugées indispensables s'est traduite de différentes manières au cours des siècles, mais elle s'est exercée surtout à des périodes de nécessité de reconstruction du savoir et a toujours exprimé un modèle de culture commune.

Ainsi, le contenu des compilations dépend-il des époques, car les préoccupations sont différentes selon que l'on vit à la fin de l'Empire romain, à l'époque de la renaissance carolingienne, ou au XII[e] siècle. Il s'écrit en fonction du public, qu'il s'agisse d'érudits, d'étudiants, de clercs, ou d'universitaires, mais aussi d'après le mode de pensée : philosophique, s'il s'organise d'après les arts libéraux ; étymologique, s'il s'attache au sens historique des mots ; allégorique, s'il privilégie les images ; doctrinal, c'est-à-dire biblique, par exemple dans le cas d'une organisation en vices et vertus. Le sens donné varie également d'après les régions et leurs vissicitudes politiques : degré de romanisation, dans l'Empire ; de christianisation, au début du moyen âge ; de pénétration de la culture arabe, lors du mouvement de traduction du XII[e] siècle ; de germanisation, lors de la diffusion des universités en Europe centrale.

Toutefois, il s'agira le plus souvent, et pour l'époque qui nous retient, de science naturelle (héritière de Pline l'Ancien), laquelle décrit le monde, et ce choix de contenu traduira un essai de rendre compte de l'ensemble du savoir séculier. Celui-ci trouve sa seule légitimité dans le fait que l'objet étudié –le monde– est le reflet de la création divine. Le rapport au réel s'en trouve affecté, d'autant plus que cette étude se fonde autant sur les témoignages anciens que sur les perceptions immédiates [(2)].

La conception d'une œuvre encyclopédique est également assujettie à la typologie du savoir et au choix des matières de son auteur. On peut dès lors tenter de définir les implications du concept d'«encyclopédie» appliqué ici :

(2) C'est à partir de cette volonté que le nom des œuvres varient : voir plus bas, les exemples d'intitulés des encyclopédies.

il conjugue, en somme, un objectif général de rassemblement et de systématisation des sciences et des savoirs en vue de leur diffusion, et une classification en fonction de certains critères, pour aboutir à un livre ordonné d'après une logique appliquée aux domaines de réalités décrites, ou bien encore d'après l'ordre alphabétique (3). Notons d'ailleurs que les encyclopédies les plus représentatives sont en ordre logique, mais que, très souvent, au cours du temps, on trouve les deux types d'arrangement, en plus de l'arrangement chronologique.

La donnée fondamentale réside donc dans la compilation. Elle constitue un genre littéraire médiéval à part entière. La notion d'autorité (*auctoritas*) va donc dominer tout le moyen âge, ce qui posera le problème du rapport à la pratique, mais aussi celui de la translation de la pensée des autres. Jusqu'au XIIIe siècle, tel n'est cependant pas l'objectif des encyclopédies : il s'agit bien d'un «discours sur les choses». En conséquence, il n'y luit souvent qu'un pâle reflet de la doctrine philosophique et l'impression d'une mosaïque d'idées domine. Ce manque d'unité est dû aux procédés d'assemblages de pensées de toutes origines.

Le dernier élément à noter est qu'il s'agira toujours de travaux de polygraphes, puisque les encyclopédistes ont toujours écrit d'autres œuvres en parallèle.

II. Grandes étapes

L'éventail chronologique parcouru ici est compris entre la fin de l'Antiquité et le XIIIe siècle et cette limite se justifie par des bornes d'ordre philosophique. En effet, l'Antiquité tardive et le haut moyen âge se définissent comme dominés par un «platonisme augustinien», que caractérisent la contemplation vers le haut et la lecture de la Bible. Ainsi, les «encyclopédies chrétiennes» témoignent-elles d'un rapport de force entre un désir de savoir et un mépris du savoir, puisque la connaissance de Dieu suffit. Elles mêlent désintérêt du monde (comme péché) et admiration du monde (comme œuvre de Dieu). Cette tension dominera tout l'accès aux sciences antiques et l'appropriation de cette culture «paienne», ainsi que la diffusion de nouvelles sciences (4). Le moyen âge inventera cependant de nouveaux procédés d'accès aux connaissances, d'un point de vue philosophique, et d'autres structures formelles de classification (scolastique) ou de discussion du

(3) Sur l'importance de cet arrangement alphabétique, cf. R.H. ROUSE, *Statim invenire*.

(4) Sur cette idée de «tension», cf. J. LE GOFF, *Pourquoi le XIIIe siècle a-t-il été plus particulièrement un siècle d'encyclopédisme ?*

savoir, mais ne mettra pas au jour de nouvelles connaissances, en-dehors de la Bible et de l'exégèse.

Par contre, au XIIIe siècle, une nouvelle tension apparaît, que l'on peut qualifier d'aristotélicienne : c'est l'intrusion d'une connaissance ancienne, mais d'un mode de pensée nouveau. Celui-ci représente une difficulté pour les «intellectuels moyens» qui se trouvent dans l'obligation d'absorber ces nouveaux textes. On peut en donner pour preuve le succès de l'aristotélisme chez les bénédictins et les dominicains, plus progressistes, alors que Vincent de Beauvais, d'un talent conservateur, a beaucoup de succès chez les cisterciens, traditionnalistes. L'œuvre totale d'Aristote est elle-même une sorte d'encyclopédie d'un autre ordre, éclatée en livres sur tous les sujets, et constitue donc une source inépuisable d'autorité. C'est l'intervalle entre ces deux tensions qui nous occupe ici.

Les grandes étapes de l'encyclopédie doivent être conçues comme des haltes dans le devenir des connaissances humaines, comme des bilans du savoir.

Chez les Grecs, on trouve un cycle de formation englobant toutes les connaissances : rhétorique, arithmétique, géométrie, astronomie, harmonie-musique et dialectique. Le but était d'embrasser le monde entier dans un système accessible par la sagesse. Il s'agissait plus de découvrir le secret du monde que de l'ordonner. Cela traduisait la notion de programme (ἐγκυκλιος) qui, par l'enseignement (παιδεια), embrasse l'ensemble d'un sujet précis.

Chez les Romains, dès le Ier siècle, on rencontre «*orbis doctrinae*» comme équivalent de la notion grecque. Varron introduit ainsi la notion d'«arts libéraux», qui sont la préparation complète nécessaire pour toute forme de culture plus élevée. Le moyen âge n'aura plus cette unité de pensée et de conception avant environ 1180. Dès Martianus Capella (Ve siècle), les arts libéraux seront plus clairement définis, eux qui, destinés à l'homme libre, rendent l'homme libre [5]. Martianus les divise en *trivium* et *quadrivium*. Le premier comprend la dialectique, comme cette partie de la philosophie qui concerne l'art de raisonner correctement ; la réthorique, comme l'art de prononcer et de rédiger des discours ; et la grammaire, qui enseigne les œuvres littéraires et les fondements culturels. Le second, appelé aussi «la mathématique», s'articule autour de l'arithmétique, qui se limite au calcul ;

(5) Sur ce concept, voir *Arts libéraux et philosophie au moyen âge : Actes du quatrième congrès international de philosophie médiévale, Université de Montréal, 27 août–2 septembre 1967*.

de la musique, comprenant l'harmonie ; de la géométrie et de l'astronomie, qui s'étend même à la culture des champs et à la vie rustique [6].

Le premier but des arts libéraux est essentiellement didactique ; il deviendra d'ordre moral au XIIIe siècle. Ils seront le véhicule privilégié de la culture classique, artistique et patristique. Ils prêteront leur nom à ce qui est, au sein de l'université du début du XIIIe siècle, la faculté de base, à savoir la Faculté des arts. Leur but suprême deviendra, au cours du moyen âge, l'intelligence de la révélation divine, dans la lignée d'Augustin.

Cette transition du didactique au moral trouve un parallèle dans le rapport au réel, car on passe ainsi, du VIe au XIVe siècle, du *nomina rerum* (nom des choses) au *natura rerum* (nature des choses), et, de là, à l'allégorie (moralisation par l'exemple et l'image), puis à la moralisation. D'où les noms de ces sommes, qui évoluent au cours du temps [7] :

Étymologies, origines	préoccupation portant sur le nom	VIe–IXe s.
De natura rerum, *De proprietatibus rerum*	importance du réel décrit	IXe–XIIe/XIIIe s.
Imago mundi, Speculum	le reflet de la création	XIe-XIIIe s.

La matière s'organise comme un vaste miroir extérieur, permettant de contempler Dieu dans l'ensemble de la créature. La vision du livre-miroir

(6) L'agriculture sera reprise dans les *Artes illiberales*, ou *arts mécaniques*.

(7) En ce qui concerne la troisième catégorie de ce tableau, notons que cet intitulé «miroir», très répandu, est explicité par Vincent de Beauvais dans le Prologue général du *Speculum maius*, au chapitre III, qui traite de la manière de faire et parle du titre du livre : «[...] est miroir, tout ce qui est digne de contemplation (*speculatio*), c'est–à–dire d'admiration ou d'imitation». «Ut autem huius operis partes singulae lectori facilius elucescant, ipsum totum opus per libros, et per capitula distinguere uolui, quod et “speculum maius” appellari decreui. *Speculum quidem eo quod quicquid fere speculatione, id est, admiratione uel imitatione dignum est*, ex his quae in mundo uisibile et inuisibili ab initio usque ad finem facta, uel dicta sunt, siue etiam adhuc futura sunt, ex innumerabilibus fere libris colligere potui, in uno hoc breuiter continentur. maius autem ad differentiam parui libelli iamdudum editi, *cuius titulus est Speculum, uel imago mundi*, in quo, scilicet huius mundi sensibilis dispositio, et ornatus paucis uerbis describitur» (Nous soulignons). Sur l'acception du mot «miroir» à cette époque, cf. E.M. JONSSON, *Le sens du titre «Speculum» aux XIIe et XIIIe siècles et son utilisation par Vincent de Beauvais* (aux pages 24-25 de cet article, l'auteur donne la liste des œuvres qui utilisent «*speculum*» dans leur titre aux XIIe et XIIIe siècles). Le même auteur vient de publier une monographie sur le miroir dans toutes ses acceptions.

a pour but de transformer l'individu. On la trouvera au sein de la littérature monastique, surtout cistercienne.

Trésor, *thesaurus*, Somme	la globalisation admirative	XIIIe s.
Compendium, Flores, Fleurs	le choix des meilleurs passages	XIIIe–XVe s.

Une étape importante s'étend de 1160 à 1280. En effet, ce XIIIe siècle redéfini est le «siècle de l'encyclopédisme» (8), avant l'installation totale d'Aristote (9), qui est avant tout un événement d'ordre universitaire. Les encyclopédies du XIIIe siècle sont en effet des florilèges ordonnés, des compilations classifiées. On assiste alors à un phénomène général d'expansion des travaux de seconde main (compilation) en théologie, en exégèse, en sciences naturelles, en lexicographie des plantes, animaux, péchés, etc. Cette efflorescence est due à divers facteurs. En premier lieu, une augmentation importante du savoir, grâce à l'apport des Arabes, qui s'accompagne d'un mouvement de traduction du grec au latin et de l'arabe au latin (10) et d'une redécouverte de la science antique, surtout représentée par Aristote, comme de la science arabe. En parallèle, se développent ces centres intellectuels que sont les Universités, qui remplacent les grandes écoles cathédrales et monastiques. Dès lors, on copie et on lit beaucoup plus. Concurremment apparaissent de nouveaux ordres religieux mendiants, comme les franciscains et les dominicains, qui facilitent un nouvel arrangement du savoir. Pour couronner le tout, cette activité intellectuelle renouvelée reçoit l'encouragement des princes, comme Frédéric II de Hohenstaufen, en Sicile, Alphonse X de Castille, et saint Louis, qui mettent en marche les mouvements de traduction et de copie.

Après la période de développement du savoir qu'a entamée le XIIe siècle, une mise en ordre s'impose. Dès lors, la nécessité d'instruments de travail devient très importante, car ces milieux sont des foyers de vulgarisation, avides de connaissances et qui sentent la nécessité de rationnalisation, de

(8) Il a été défini comme tel par J. LE GOFF dans *Pourquoi le XIIIe siècle a-t-il été plus particulièrement un siècle d'encyclopédisme ?*

(9) Excepté pour la logique, car les *Analytiques* étaient bien connues et formaient l'*organum*, instrument principal de la connaissance formelle.

(10) Ce mouvement a été lui-même précédé, chez les Arabes, d'une vague de traductions, dès les VIIIe-IXe s., avec parfois un passage par le syriaque.

globalisation et de «totalité ordonnée» [11]. Le but n'est plus alors de rassembler les débris d'une autre civilisation, mais de mettre ensemble, de manière pratique, les bases d'un savoir qu'on ne peut plus lire dans les textes intégraux, trop nombreux. La volonté de pouvoir citer les auteurs facilement généralisera la technique de l'extrait et de la citation.

De même, le sens de cette quête du savoir n'est plus de fonder une civilisation chrétienne, comme le tentait Augustin, ni de trier dans le savoir païen, mais de donner des outils au prédicateur pour la pastorale et la vulgarisation par le sermon. On voit ainsi apparaître des glossaires, des concordances –la première concordance de la Bible est due à Hugues de Saint-Cher, dans les années 1230–, des index –d'abord chez les cisterciens–, et bien sûr des florilèges et *compendia* encyclopédiques et lexicographiques. C'est dans la même ligne qu'on verra apparaître des travaux en langue vulgaire.

Ces modifications de conception mettent au jour d'autres formes d'organisation du savoir : l'ordre alphabétique s'introduit et se généralise –pas seulement d'ailleurs dans un but utilitaire–, la classification par vices et vertus perd du terrain, mais la classification doxologique (à la gloire de Dieu) est encore de mise. Le but est d'ordonner, de compiler [12]. La taxonomie, donc la classification des sciences, dépendra du choix du compilateur. Dès lors, de plus en plus, les écrivains se disent «compilateurs», plutôt qu'«acteurs» [13].

La conséquence générale étant un grand progrès dans la pratique intellectuelle, car la philosophie se libère alors de la théologie. L'homme prend plus conscience de sa place dans la création, à l'image de Dieu. C'est la foi qui cherche à comprendre [14], dans une visée vers le ciel et la nature, et les choses elles-mêmes sont en cause –*De rerum natura*–, plus leur nom –*Etymologiae* ou *philosophia mundi* de l'école de Chartres. En un sens, on les retrouve, dans cette renaissance de l'encyclopédisme, les buts encyclopédiques de l'Antiquité, dans la mesure où tous les domaines des sciences

(11) Cette expression est reprise à J. Le Goff. Il en voit la manifestation dans les titres des œuvres, comme *speculum maius, universale*, etc. Pour lui, c'est une période d'équilibre entre le sens du monde extérieur et le regard intérieur vers le coeur humain. Ce double sentiment aurait fait naître l'esprit encyclopédique.

(12) *Ordinare, compilare.*

(13) Cependant, Vincent de Beauvais autant qu'Hélinand de Froimont, s'intitulent «*actor*», quand ils interviennent personnellement dans leurs compilations.

(14) «Fides quaerens intellectum» : il s'agit du titre et du prologue au *Proslogion* de Anselme de Canterbury.

vont engendrer de grandes synthèses globales, reprises des Anciens ou du monde arabe, ou bien totalement nouvelles.

Les encyclopédies du XIIIe siècle auront un temps de succès important, mais seront par la suite, dès la fin du XIVe siècle, considérées comme des dictionnaires de référence et remplacées par des traités spécialisés, propres à une civilisation devenue autonome.

L'aristotélisme, qui survient ensuite, et dont Thomas d'Aquin est le meilleur représentant, fait l'inventaire et l'édifice total de la connaissance, grâce à la classification du réel qu'il opère, distinguant histoire des animaux, rhétorique, poétique, logique, métaphysique, physique, morale et politique.

Les XIVe et XVe siècles verront une sorte d'éclipse encyclopédique, de 1320 à la fin du XVe siècle, car les encyclopédies seront plus spécialisées ou n'auront plus comme but avoué de traiter de l'ensemble du savoir. Par contre, on assistera à une diffusion spectaculaire des encyclopédies antérieures, par la copie, la traduction, l'imitation et l'imprimerie.

Dans cette évolution, comment caractériser le point de vue du réel dans les encyclopédies médiévales ? Le plus souvent, les traditions populaires, les affirmations a priori se substituent à l'expérience et à l'observation. Écrites par des clercs, elles font place à l'histoire de la création et de la rédemption et leur savoir est fait de bribes et de morceaux de valeur inégale.

Quel est dès lors leur intérêt ? Elles sont, dans une période de construction d'un nouveau monde, un modèle de culture commune et un témoignage d'une réelle soif de culture, qui est attentive à des notions de détail et de technique. Elles ont une vision implicitement unitaire du monde, et le sens de la continuité historique. Ayant le statut d'intermédiaires entre la science de leur époque et la tradition cosmologique, elles sont pour nous des lieux privilégiés d'étude de l'évolution des mentalités.

III. Principaux travaux encyclopédiques

Les tendances générales de l'évolution ayant été retracées, il est utile de rappeler les grandes figures qui ont influencé tout le moyen âge et ont constitué des sources de référence quasi inépuisables.

⋆ ⋆ ⋆

Du point de vue des *artes liberales*, des auteurs importants furent Varron (116-27 a.c.n., à Rome) [15], Martianus Capella (IVe-Ve s., Carthage), Cassiodore et Boèce. Le premier écrivit, entre autres, *Les neuf livres des disciplines* (*Disciplinarum libri IX*), dans lesquels il développa le système des arts libéraux, en un exposé de la culture universelle basé sur les méthodes grecques. Il pensait que les mots détiennent le secret du réel et qu'il suffisait donc d'analyser des notions pour découvrir ce secret. D'où l'importance de la philologie [16]. Son plan s'articule comme suit :

I. Grammaire
II. Dialectique
III. Rhétorique
IV. Géométrie
V. Arithmétique
VI. Astrologie/Astronomie
VII. Musique
VIII. Médecine
IX. Architecture

Martianus [17] a, quant à lui, composé une encyclopédie sur les sept arts libéraux, en prose et en vers : *Les noces de Philologie et de Mercure* (*De nuptiis Philologiae et Mercurii*), qui mêle érudition et fantaisie. Au moyen âge, elle fut utilisée comme manuel et sa division des arts libéraux sera considérée comme un cycle intégré, dont les sept composantes sont toutes nécessaires.

Plus tard, Cassiodore (485-578), homme d'état à Rome et à la cour des Ostrogoths, sous Théodoric, écrivit *Les Institutions des arts divins et séculiers* (*Institutiones divinarum et saecularium artium*), sorte de manuel où il tente de définir les règles respectives des sciences profanes et religieuses. Son but avoué fut de rapprocher Rome et les peuples germaniques. Pour sauver la culture antique, il instaurera la règle, dans les monastères, d'effectuer aussi la lecture et la copie de manuscrits d'auteurs anciens profanes et incitera à la conservation et à la traduction des auteurs grecs.

Boèce (480-524, Rome) lui est contemporain. Sa *Consolation de la philosophie* (*De consolatione philosophiae*) est un dialogue entre l'auteur et la philosophie, un débat sur la nature du bonheur et la providence divine. Sa vision stoïcienne eut une forte influence sur la philosophie médiévale scolastique. Pour lui, la base de tout enseignement philosophique est le

(15) Cette œuvre n'est conservée qu'en fragments et citations par d'autres auteurs, comme Augustin.

(16) *Verbum a veritate dictum* (le mot «verbum» vient de «vérité») : Donat, commentaire à Térence, *Adelphes*, V, 8, 29.

(17) L'apport de Martianus Capella a été bien étudié, en ce qui concerne les arts libéraux, par P. COURCELLE dans *Les lettres grecques en Occident de Macrobe à Cassiodore*.

quadrivium. Il traduisit et commenta par ailleurs des textes philosophiques et mathématiques de l'Antiquité grecque.

⋆ ⋆ ⋆

En ce qui concerne d'autre part la science naturelle, deux auteurs tiennent une place essentielle pour le moyen âge occidental, Pline l'Ancien (23-79 p.c.n.) et Solin. Pline rédigea l'*Histoire naturelle* (*Historia naturalis*, histoire au sens d'«*enquête* sur la nature» (18)). Encyclopédie des connaissances par matières, c'est le bilan d'une pensée scientifique qui n'évoluera plus sensiblement pendant des siècles en ce qui concerne les arts figuratifs, la géographie, l'astronomie, la médecine populaire, etc. Il s'agit d'une compilation, sans recherche personnelle, ou presque, qui puise chez des centaines de savants grecs et romains. Il sera relativement peu diffusé, mais très utilisé par les encyclopédistes du XIII[e] siècle. Voici comment se distribuent les livres :

II :	Cosmologie
XII–XIX :	Botanique
III–IV :	Géographie
XX–XXXIII :	Médecine
VII–XI :	Animaux et humain
XXXIII–XXXVII :	Métaux et pierres

Solin (début III[e] s.) écrivit un «Recueil de faits remarquables» (*Collectanea rerum memorabilium*), qui n'est en réalité qu'une compilation de l'*Histoire naturelle* de Pline, où interviennent beaucoup l'anecdotique et le surnaturel. Nombre de ses fables traverseront par extraits le moyen âge. La diffusion est importante surtout au XIV[e] siècle.

D'autres esprits encyclopédiques ont influencé avec force le moyen âge, sans rédiger à proprement parler d'encyclopédie, comme saint Augustin (354-430), évêque d'Hippone dans le Nord de l'Afrique (19), qui inséra les arts libéraux dans l'enseignement chrétien, ou comme Bède le Vénérable (673–735), moine anglais du Northumberland, qui produisit des traités sur les sujets les plus divers. On ne peut omettre en outre le *Physiologus* en traduction latine, sorte d'encyclopédie animalière dans la ligne de Solin,

(18) Pline considère la nature comme «souveraine créatrice et ouvrière» de la création (PLINE, *Histoire naturelle*, XXII, 117 : *Non fecit ceratum malagmata, emplastra, collyria, antidota parens illa ac diuina rerum artifex*, et aussi XXIV, 1).

(19) Son œuvre dominante dans le domaine du savoir est le *De doctrina christiana*.

dont on imitera souvent la tendance à la moralisation et à l'allégorie symbolique.

⋆ ⋆ ⋆

Le moyen âge s'est approprié la culture antique pour la retraduire et la transmettre, dans des encyclopédies compilées d'après un mode particulier d'organisation propre à chaque auteur. Du point de vue de la science naturelle, Isidore de Séville, évêque (mort en 636) [(20)], recueille les ruines du savoir antique et rédige, en 622, les *Étymologies* (*Etymologiae siue origines*), conçues dans un souci pastoral comme un manuel concis du savoir contemporain. Cette compilation se veut avant tout pratique et ne s'ossifie pas autour d'un principe philosophique. Le *De rerum natura* (*À propos de la nature des choses*) fait appel à des sources à peu près semblables. De la sorte, la continuité avec l'Antiquité est assurée entre les différentes encyclopédies par le fait qu'Isidore s'intéresse à la conservation des écrits antiques (dans la partie grammaire). Le procédé dominant d'exposition est l'étymologie, devenue un mode de pensée fondamental au moyen âge [(21)], dans l'idée qu'il y eut un passé merveilleux où tout avait son juste nom, avec coïncidence du signifiant et du signifié. *Les Etymologies* deviendront la première source et le modèle du genre. Les matières sont distribuées suivant les livres :

I.	Arts libéraux :	médecine, mathématique, droit, grammaire et rhétorique
II.	L'Écriture :	Dieu (liturgie, comput), la religion, l'histoire sainte.
III.	Les *Realia* :	(Réalités de la vie et du monde) choses de la nature et nature des choses, état au point de vue géographique, culturel (économique et agricole) et civilisation (politique).

Chez d'autres auteurs encyclopédiques, l'allégorie joue comme principe d'exposition. Raban Maur (780-856) abbé à Fulda, archevêque de Mayence, est un de ceux-là. Dans la ligne d'Isidore, il rédigea un traité *De la nature des choses, de l'Univers* (*De rerum natura, de Universo*), qui, du point de vue de la spiritualité du moyen âge, deviendra le type représentatif de l'encyclopédie. On appellera d'ailleurs son auteur le «précepteur de la Germanie». Son intention de compilation est avant tout didactique ; il travaille à partir d'extraits des *Etymologiae*, dont il change l'ordonnance

(20) On consultera avec fruit, sur cet auteur, les ouvrages de J. Fontaine.
(21) Cf. E. CURTIUS, *L'étymologie comme forme de pensée*.

pour y introduire le procédé de l'allégorie, qui remplacera l'étymologie et donnera lieu au genre prolifique des *exempla* médiévaux. L'œuvre commence par un *De Deo*, qui présente la science sacrée, les temps sacrés, d'un point de vue biblique et liturgique. On opère ensuite une descente par divisions métaphysiques et théologiques, où Raban Maur introduit les allégories des réalités décrites, c'est-à-dire qu'il insiste sur le sens moral et la signification spirituelle des termes.

⋆ ⋆ ⋆

Au cours du XIIe siècle, de nombreux auteurs peuvent être considérés comme encyclopédiques. Ainsi, Lambert de Saint-Omer, dans son *Liber Floridus* (1120), traite de toutes les matières, mais y dominent la discussion métaphysique et la cosmologie.

Bernard Silvestre enseigna à l'école de Chartres. Son œuvre, *Cosmographia* (*De mundi universitate*) sive *Megacosmus et microcosmus*, est typique de la théologie augustinienne et du néo-platonisme (basé sur le *Timée* dans la traduction de Chalcidius) chartrains.

Guillaume de Conches (1re moitié du XIIe s.), dans sa *Philosophia mundi*, défend la même division des sciences que Hugues de Saint-Victor.

Raoul Ardent (fin XIIe s.), composa un *Miroir universel* (*Speculum universale*) ou *Somme des vices et des vertus* (*Summa de vitiis et virtutibus*). Il s'agit d'un exposé moral et encyclopédique de l'ensemble du dogme chrétien.

Honorius Augustodunensis (vers 1080-1137), auteur d'origine énigmatique (Ratisbonne, Augsbourg ?), nous légua deux œuvres conçues comme des manuels de grande vulgarisation, et dont l'influence fut importante sur l'encyclopédisme médiéval : d'une part, l'*Elucidaire* (*Elucidarium*) somme catéchétique et donc dogmatique ; d'autre part, *Le miroir ou l'image du monde* (*De imagine mundi, speculum uel imago mundi*), qui raconte l'origine et l'histoire du monde –son titre sera repris par Vincent de Beauvais [22].

Hugues de Saint-Victor, théologien parisien du début du XIIe siècle, se situe à l'époque de la seconde «renaissance» de l'Occident. Il rédigea le *Didascalicon,* dans lequel on trouve un nouvel arrangement et une classification neuve des disciplines, par rapport à Isidore de Séville. Il y expose les savoirs profane et religieux et la doctrine chrétienne, dans l'orientation

(22) Cf. note 7.

du *De doctrina christiana* d'Augustin. Les domaines traités sont aussi variés que la poésie, le roman, le droit, l'architecture, la sculpture, la fresque, la miniature, la philosophie ou la théologie.

En effet, Hugues de Saint-Victor réintroduit les arts mécaniques, en plus des arts libéraux. C'est la *philosophia* qui commande tout le tableau, mais il n'y a pas de principe explicatif qui sous-tende l'ensemble :

– *philosophia theorica* :
  1. théologie, 2. mathématique (réalités abstraites), 3. physique (réalités concrètes) ;
– *philosophia practica* :
  morale (3 divisions) ;
– *philosophia mecanica* :
  arts mécaniques, divisés en 7 sections, comme par exemple la *navigatio*, mais Hugues de Saint–Victor ne fait aucune allusion aux fêtes et aux jeux de son temps dans la *theatrica* ;
– *philosophia logica* :
  instrument du savoir et de sa transmission : grammaire (*De grammatica*) et logique (*De ratione disserendi*).

⋆ ⋆ ⋆

Le XIIIe siècle enfin peut être considéré comme un aboutissement pour l'encyclopédisme. Le public visé se compose de clercs ou de lettrés, c'est-à-dire de ceux qui savent lire et sont curieux des connaissances et des progrès du savoir ; les encyclopédies ne sont donc, en général, pas destinées à ceux qui font réellement profession d'enseigner.

Quant au contenu, il consiste en une vulgarisation du donné scientifique nouveau et ancien, parfois placé sous des autorités mythiques. Toutes les œuvres présentent une dualité entre les sources nouvelles, comme les très récentes traductions d'Aristote effectuées dans le sud de l'Espagne [(23)], et une conception ancienne du savoir, qui subsiste et qu'on retrouve dans les bestiaires et les recueils d'*exempla.* Ces derniers, eux-mêmes matériau et source de certaines encyclopédies, récoltent des petits faits anecdotiques et donnent des leçons à caractère spirituel ou religieux. À cette époque, les encyclopédies ne traitent pas de la connaissance en elle-même et pour elle-même, ne s'organisent pas autour d'une doctrine cohérente, mais suivent plutôt le cours de la vie ou de l'histoire.

(23) Les différentes traductions latines et les manuscrits subsistants sont répertoriés dans la série de l'*Aristoteles latinus* par G. Lacombe et son équipe.

Leurs sources sont issues des traductions. Ce sont, entre autres et en ce qui concerne la science, les traités d'Aristote, les recueils alchimiques et magiques (24), l'astronomie de Ptolémée, la géométrie d'Euclide, la médecine de Galien et d'Hippocrate, revue par Constantin, et des éléments proprement arabes comme Alkindi (Al-Kindî), Algazel (Al-Gazzâlî), Avicenne (Ibn Sinâ), etc.

Alexandre Neckham (mort en 1217, Angleterre, formé à Paris) peut être mentionné comme un des premiers auteurs représentatifs des nouvelles tendances. Son traité *De la nature des choses* (*De naturis rerum*) est un ouvrage cosmologique en deux livres qui évite les discussions philosophiques et scientifiques érudites et voit la connaissance comme moyen d'élever l'âme du lecteur. Alexandre Neckham a un esprit à dominante symbolique, il recourt souvent aux *exempla*, aux allégories, aux anecdotes. Ses sources sont «recomposées» et non citées comme telles: il puise dans l'observation personnelle, les herbiers, les bestiaires, Aristote pour les astres et les éléments, les Pères de l'Église, les poètes latins, Solin, Bernard Silvestre, et compose quelques pages sur les arts libéraux.

Son plan est établi comme suit :

1. Dieu.
2. La lumière (anges-corps célestes).
3. Le monde : les quatre éléments, les êtres qui y vivent (oiseaux, poissons, végétaux, animaux et enfin l'homme : corps, métier, techniques, disciplines, vices).

Thomas de Cantimpré (1201-1263/73), un des encyclopédistes remarquables du XIIIe siècle, est d'origine «belge» : chanoine près de Cambrai, il fit ses études à Cologne, avant de devenir dominicain à Louvain. Son *Liber de natura rerum,* qui compta deux éditions, dont l'une avant 1244, est une compilation d'histoire naturelle qui ne comporte pas, cette fois, d'exposé sur Dieu et les anges. Néanmoins, son but est d'utiliser, dans le sens de la doctrine chrétienne, toutes les connaissances de l'homme sur la nature, pour introduire à la science sacrée. Cette œuvre a eu une influence réelle à son époque et connut des traductions presque contemporaines, car elle correspondait à la demande croissante de vulgarisation.

(24) Sur ces traductions, cf. par exemple F.J. CARMODY, *Arabic and astrological sciences in Latin translation : A critical bibliography*, et les trois premiers volumes de L. THORNDIKE, *A history of magic and experimental science*.

Ses sources sont Aristote, Pline, Solin, Ambroise de Milan, Isidore, Jacques de Vitry, Augustin ; on chercherait en vain une réelle intervention personnelle, mais on y trouve plutôt une juxtaposition et une succession d'articles sur différents sujets. Les matières traitées passent du corps humain, monstres humains, quadrupèdes, oiseaux, animaux marins, poissons, serpents, insectes, aux arbres, arbres aromatiques, herbes, fleuves, pierres, métaux. La partie cosmologie traite de l'air, des planètes, des phénomènes météorologiques, et enfin des quatre éléments. La seconde édition comporte en sus vingt chapitres sur les éclipses et les mouvements sidéraux.

Bartholomé l'Anglais (vers 1190-1250), franciscain, fut lecteur à Paris et à Magdebourg. Son œuvre encyclopédique de taille s'intitule *Des propriétés des choses* (*De proprietatibus rerum*). Cette longue encyclopédie (20 livres) passe en revue toutes les branches du savoir, à l'exception des sciences historiques. Du point de vue du fond, elle mélange platonisme et péripatétisme. Son but est de répandre les œuvres des saints et des philosophes pour accéder au vrai savoir qu'est la théologie. En réalité, Bartholomé l'Anglais présente tout le matériel, mais ne va pas jusqu'à la moralisation.

Ses données sont puisées surtout chez Isidore, puis Aristote, ainsi que Augustin, Jérôme, Jean Damascène, etc.

Son plan commence par les êtres immatériels-spirituels (1-9), avant de passer au monde d'ici-bas :

1. Dieu
2. les anges
3. les êtres corporels : les hommes
4. le corps : tissus et fluides
5. membres
6. âges de la vie
7. ennemis - maladies, et donc médecine
8. univers et astres
9. temps
10. les quatre éléments, la théorie aristotélicienne de la matière et de la forme
11. les trois éléments du cadre de vie : l'air, donc la météorologie
12. les oiseaux
13. l'eau, donc les poissons
14. la terre, donc la géographie générale
15. et régionale
16. les pierres et les métaux
17. les végétaux
18. les animaux
19. et les «accidents», c'est-à-dire la couleur, la chaleur, l'odeur et les produits qui les font connaître (pain, pomme, ...).

Son influence durera jusqu'au XVIe siècle ; il sera traduit dès le XIVe siècle et imprimé. Il circulera même traité par traité.

Vincent de Beauvais (1184/94-1264) fut dominicain à Beauvais, précepteur et bibliothécaire à la cour de Louis IX. D'un point de vue quantitatif, il peut être considéré comme le plus grand encyclopédiste du moyen âge.

Son *Speculum maius* devait compter quatre parties –la dernière n'a jamais été rédigée de sa plume– : *Speculum naturale* (3.718 chapitres), *Speculum historiale* (qui eut un succès public très important), *Speculum doctrinale.* Ces trois parties formaient l'ensemble d'une première version terminée en 1244. À celles-ci est venu s'ajouter un *morale* apocryphe.

L'œuvre eut un succès immense. Rassemblant, en plus de deux mille sources, l'ensemble des connaissances du temps en sciences naturelles, théologie, rhétorique, jurisprudence et histoire, elle est pourtant peu moderne (25), si ce n'est au point de vue des connaissances médicales. Ses sources sont puisées dans les auteurs anciens et modernes en œuvres intégrales et dans les recueils d'extraits. Vincent de Beauvais intervient en plus personnellement, sous le titre d'*actor*, en tant qu'opinion supplémentaire. Son attitude de compilateur qui fait feu de tout bois est très accueillante, même aux idées contradictoires, qu'il juxtapose sans prendre parti. Cependant, dans le maniement de ses sources, il établit une hiérarchie ordonnée des autorités : d'abord la Bible, les collections canoniques, les Pères de l'Église, puis les philosophes, comme Aristote pour les Grecs, Pline pour les latins, Ambroise et Hugues de Saint-Victor pour les Chrétiens, ainsi que le *Physiologus* pour les plantes et les animaux. D'un point de vue technique, on trouve beaucoup de détails, mais il reste souvent en-deçà de la science de son temps.

La structure de l'œuvre (26) reflète la nature même des choses, selon une hiérarchie naturelle et surnaturelle. L'ordre alphabétique n'est utilisé que quand la matière l'exige. Le plan correspond aux trois ordres du savoir :

(25) Monique Paulmier–Foucart, spécialiste, aime à dire que la cathédrale de Beauvais se construisait sous les yeux de l'encyclopédiste, qui, parmi les longs développements architecturaux de son œuvre, n'en dit pas un mot.

(26) D'après M. PAULMIER–FOUCART (in *L'Enciclopedismo medioevale*) et M. LEMOINE (in *Cahiers d'Histoire Mondiale*, n°9).

Le «miroir naturel» consigne l'observation des faits suivant les six jours de la création (origine : Hexaemeron) :

L'œuvre du premier jour :

I. Dieu, la création, la nature première et les anges.
II. Premier jour : le monde sensible, la lumière, la chute des anges.

L'œuvre du deuxième jour :

III. Le firmament et les cieux.
IV. Les sphères du feu et de l'air (météorologie).

L'œuvre du troisième jour :

V. Le rassemblement des eaux.
VI. La terre et ses propriétés.
VII. Les minéraux et les métaux, l'alchimie.
VIII. Les pierres et leurs propriétés.
IX. La germination, les végétaux, les plantes communes et leurs propriétés.
X. Les plantes cultivées.
XI. Semences, graines et sucs : leurs propriétés ; le pain.
XII. Les arbres des forêts et des campagnes.
XIII. Les arbres fruitiers.
XIV. Les fruits, l'huile, le vin.

L'œuvre du quatrième jour :

XV. Astres, saisons, calendrier : (astronomie).

L'œuvre du cinquième jour :

XVI. Les oiseaux.
XVII. Les poissons et animaux domestiques.

L'œuvre du sixième jour :

XVIII. Les animaux terrestres domestiques.
XIX. Les autres animaux.
XX. Serpents, reptiles et insectes.
XXI. Étude générale des animaux et de leurs parties.
XXII. Nutrition, mouvement, génération et humeurs.
XXIII. La création de l'homme ; son âme.
XXIV. L'âme végétative.
XXV. L'âme sensible.
XXVI. Les impressions de l'âme ; le sommeil, la veille, l'extase.
XXVII. Les passions de l'âme.
XXVIII. Formation et nature du corps humain.

L'œuvre du septième jour :

XXIX. Questions diverses sur l'univers et la Providence.

XXX. La nature humaine avant et après le péché (épilogue).
XXXI. L'homme : génération, vie et maladie après la chute.
XXXII. Géographie et histoire générale, de la chute au jugement.

Le «miroir doctrinal» traite de la science proprement dite et des arts, pour donner à l'homme ce qu'il a perdu avec le péché : connaissance, bonne vie, santé, en six subdivisions :

1. *Lettres*
   - I. La philosophie en général, remède à la chute : vocabulaire.
   - II. La grammaire.
   - III. La logique, la rhétorique, la poétique.

2. *Morale (et droit)*
   - IV. La morale générale et pratique.
   - V. Problèmes particuliers de morale.
   - VI. L'économique (maison - famille).
   - VII. Politique (ville).
   - VIII. Droit ; actions judiciaires.
   - IX. Délits contre Dieu.
   - X. Délits contre le prochain ou contre soi-même.

3. *Arts mécaniques*
   - XI. Les techniques.
   - XII. La médecine pratique.
   - XIII. La médecine théorique (début).
   - XIV. La médecine théorique (fin).

4. *Physique*
   - XV. La physique.

5. *Mathématique (arithmétique, musique, géométrie, astronomie)*
   - XVI. Les mathématiques et la philosophie première.

6. *Théologie*
   - XVII. La théologie, son histoire, des païens jusqu'à Vincent de Beauvais.

Le «miroir historique» ou «historial» reprend l'histoire du monde en six âges, jusque 1254 :

I. Résumé du *naturale* et du *doctrinale.* Histoire jusqu'à la captivité en Egypte.

II-V :	De Moïse à la fin des Ptolémée.
VI-XXIII :	De Jules César à l'impératrice Irène.
XXIV-XXXI :	De Charlemagne à Frédéric II.
XXXII :	De 1245 (condamnation de Frédéric II) à 1253, ainsi qu'un traité des temps jusqu'au jugement dernier.

⋆ ⋆ ⋆

Au début du XIIIe siècle, on assiste aussi à une progressive transition vers le système aristotélicen, qui déjà se laissait observer chez Thomas de Cantimpré. La dualité dans la conception du savoir s'estompe peu à peu, même si certains compilateurs se servent toujours des premières traductions.

Arnoldus Saxo, ou Lucus (*fl. c.* 1230-1245, Allemagne), est un des premiers auteurs à faire usage de certaines traductions d'Aristote fraîchement mises au point, dans son *Livre des fleurs des choses naturelles* (*Liber de floribus rerum naturalium*). Il écrivit, dit-il, cette œuvre «pour l'utilité commune des frères» et «pour la composition plus facile des livres», en ce sens qu'elle puisse servir de réservoir d'opinions sur différents sujets, dans une Allemagne encore dépourvue d'universités. Elle consiste essentiellement en une juxtaposition d'opinions toujours rigoureusement citées (non sans erreurs) et témoigne à beaucoup d'égards d'une époque de transition et d'adaptation vis-à-vis des nouveaux savoirs disponibles.

Ses sources sont nombreuses et récentes : Platon d'après Manilius, un tiers d'Aristote, dont des écrits apocryphes ; des sources anciennes comme Boèce, Cicéron, Sénèque ; des références médicales importantes, notamment Constantin et Avicenne ; des auteurs arabes comme Alkindi, Algazel, Albumasar, et des auteurs étranges, tels que Belbetus et Jorach. Ni Pline, ni Solin, ni Isidore.

Son encyclopédie comporte, dans l'état final, cinq livres de longeur inégale. Le premier traite du ciel et du monde : métaphysique et physique, le deuxième de la nature des animaux : zoologie, le troisième donne les pierres en ordre alphabétique, le quatrième s'étend sur «la vertu universelle» : animaux surtout et médecine, et le cinquième, aussi long que le premier, se consacre à la morale : vices et vertus - éthique.

La postérité de l'œuvre fut très limitée dans son ensemble, et son utilisation se réduisit à l'Europe orientale.

Le *Compendium philosophiae* (env. 1240 ?), ou *Compilatio de rerum natura,* est une œuvre assez semblable, qui ne subordonne plus la connaissance à une fin supérieure à caractère religieux, comme auparavant, mais qui la considère elle-même comme la «perfection finale de l'homme». Il n'y a plus de moralisation, mais une grande place est faite à l'*Ethique*. Ainsi, l'exposition du savoir aristotélicien passe, par le moyen de l'encyclopédie, à travers des exposés scientifiques. Comme le précédent, l'ouvrage eut assez peu de diffusion auprès du public, probablement parce qu'il ne traitait pas de la vie quotidienne, ne donnait pas de conseils pratiques.

Ses sources comportent sourtout un recours à Aristote dans les premières traductions, à Boèce, au pseudo-Denys, à Averroès, Avicenne, Pline, Isidore et Platon.

Son plan s'étage comme ceci :

1. Dieu comme «cause première»
2. Les créatures : anges, ciel, astres, météorologie, terre (pierres et métaux), sans théorie générale

3 & 4. Les êtres vivants (cf. le *De anima*), selon trois formes de vie : végétative, sensible et rationnelle. Plantes et animaux (très court)

5. L'homme, les membres, les fonctions vitales, les facultés intellectuelles
6. Les grandes théories générales de la science aristotélicenne (mouvement, temps, lieu, nature des choses, catégories de l'être, etc.).

S'y ajoutent une série de préceptes sur la conduite de l'homme, avec un exposé philosophique des problèmes moraux.

Suite à l'efflorescence des encyclopédies en latin, se développent les encyclopédies en langue vulgaire, comme celles de Gauthier de Metz (1246), qui l'intitule *Mappemonde* et de Brunetto Latini (1264), *Li livre du Tresor*.

La fin des encyclopédies coïncidera avec la découverte de la doctrine elle-même, d'un point de vue intellectuel. Le grand public disposera alors de recueils d'extraits et d'anecdotes en langue vulgaire. On assistera, à ce moment, à une dissociation des publics érudits et spécialistes.

Ce catalogue, bien qu'un peu fastidieux, aura permis, nous l'espérons, de mettre en évidence les diverses visions du réel qui transparaissent à l'examen du plan ou des intentions de rédaction des œuvres encyclopédiques.

Bibliographie

I. *Généralités concernant les encyclopédies*

Depuis une époque récente, le sujet intéresse vivement les chercheurs, des articles plus ou moins généraux –pas encore de monographie– et spécialisés sur une encyclopédie en particulier sont apparus. À l'occasion, nous donnerons pour chaque auteur traité l'une ou l'autre référence bibliographique.

BOENIO-BROCCHIERI FUMAGALLI (M.T.), *Le Enciclopedie dell'Occidente medioevale*. – Torino : Loescher, 1981.

Encyclopédies et civilisations, numéro spécial des *Cahiers d'Histoire Mondiale*, t. IX, 1966.
Premier travail d'ensemble.

L'Enciclopedismo medievale : Atti del convegno «l'enciclopedimo medievale», San Gimignano 8-10 ottobre 1992 / a cura di Michelangelo PICONE. – Ravenna : Longo, 1994.
Contient les contributions globalisantes de J. Le Goff, B. Zimmermann, M. Paulmier-Foucart, P. Beltrami.

II. *Autres titres mentionnés* [27]

Arts libéraux et philosophie au moyen âge : Actes du quatrième congrès international de philosophie médiévale, Université de Montréal, 27 août-2 septembre 1967. – Montréal ; Paris : Université de Montréal ; Institut d'Études Médiévales, 1969.

Renaissance and renewal in the twelfth century / ed. by R.L. BENSON, G. CONSTABLE, C.D. LANHAM. – Oxford : Clarendon Press, 1982.

CARMODY (Fr.J.), *Arabic and astrological sciences in latin translation : A critical bibliography*. – Berkeley ; Los Angeles : University of California Press, 1956.

COURCELLE (P.), *Les lettres grecques en Occident de Macrobe à Cassiodore*. – Paris : De Boccard, 1943. – (Bibliothèque des Écoles françaises d'Athènes et de Rome ; série 1, 159).

CURTIUS (E.R.), *L'étymologie comme forme de pensée,* dans *La littérature européenne et le moyen âge latin*. – Paris : Presses Universitaires de France, 1956. – pp. 600-607.

(27) Par ordre alphabétique.

LE GOFF (J.), *Pourquoi le XIIIe siècle a-t-il été plus particulièrement un siècle d'encyclopédisme ?*, dans *L'Enciclopedismo medievale*, op. cit., pp. 23-40.

ROUSE (R.H.), *Statim invenire*, dans *Renaissance and renewal in the twelfth century*, op. cit., pp. 201-225.

THORNDIKE (L.), *A history of magic and experimental science*. – New York : Columbia University Press, 1923-1964.
Seuls les trois premiers tomes nous intéressent.

III. *Éditions de textes et travaux sur les auteurs* (28)

ALEXANDRE NECKHAM :

Alexandri Neckam : De Naturis Rerum *libri duo, with the poem of the same author* De Laudibus Divinae Sapientiae / ed. by Th. WRIGHT. – Londres : Longman, Roberts and Green, 1863. – (Rerum Britannicarum Medii Aevi Scriptores ; 34).

ANSELME DE CANTERBURY :

Fides quaerens intellectum id est Proslogion liber Gaunilonis pro insipiente atque liber apologeticus contra Gaunilonem / édité par A. KOYRÉ. – 4e édition. – Paris : J. Vrin, 1967. – (Bibliothèque des textes philosophiques).

ARISTOTE LATIN :

Aristoteles latinus : codices / sous la direction de G. LACOMBE. – Rome : Libreria dello Stato, 1939 / Cambridge : Cambridge University Press, 1955 / Bruges : Desclée De Brouwer, 1961. – (Corpus philosophorum Medii Aevi/ Aristoteles latinus).
La même collection édite, sous l'égide de l'Union académique internationale, les traductions latines médiévales de toutes les œuvres d'Aristote.

ARNAUD DE SAXE :

Die Encyklopädie des Arnoldus Saxo zum ersten Mal nach einem Erfurter Codex / ed. by E. STANGE. – Erfurt : Königliches Gymnasium zu Erfurt, Fr. Bartholomäus, 1904-1906 et 1907. – (Beilage zur Jahresbericht d. Gymnasiums Erfurt 1904-5, 1905-6, 1906-7).
Seule édition disponible pour l'instant, elle est parsemée de nombreuses erreurs. Le même auteur a écrit une dissertation sur le sujet en 1875, à Halle. Pour un point de vue récent sur l'auteur :

DRAELANTS (I.), *Une mise au point sur les œuvres d'Arnoldus Saxo,* in *Bulletin de Philosophie Médiévale,* t. XXXIV, 1992, pp. 163-180 et t. XXXV, 1993, pp. 130-149.

(28) Classement alphabétique par auteurs.

AUGUSTIN D'HIPPONE :

D'innombrables travaux ont été publiés sur ce père de l'Église absolument fondamental. Pour une bonne introduction dans l'objectif poursuivi, se référer aux contributions de Henri-Irénée Marrou, et notamment :

MARROU (H.-I.), *Saint Augustin et la fin de la culture antique*. – Paris : De Boccard, 1958. – Réédition en 1983.

BARTHÉLÉMY L'ANGLAIS :

De genuinis rerum coelestium, terrestrium et inferarum proprietatibus libri XVIII... procurante Georgio Bartholdo Pontano a Braitenberg. – Frankfurt : apud W. Richterum, 1601. – Édition anastatique : Minerva mbH, Frankfurt am Main, 1964.
Pas d'édition critique à ce jour du *De proprietatibus rerum*.

SEYMOUR (M.C.) [e.a.], *Bartholomeus Anglicus and his Encyclopedia*. – Aldershot : Variorum Reprints, 1992.
Ce travail vaut surtout pour le texte, pas pour les tables et index.

BÈDE LE VÉNÉRABLE :

De temporum ratione liber, dans *Opera didascalica*, 2 / éd. Charles W. JONES. – Turnhout, 1977. – (Corpus Christianorum : Series Latina ; 123 B).

De rerum natura, dans *Opera didascalica*, 2 / éd. Charles W. JONES. – Turnhout, 1977. – pp. 189-234.. – (Corpus Christianorum : Series Latina ; 123 A).

Opera de temporibus / éd. Charles W. JONES, in *The Medieval Academy of America*, 1943, pp. 173-291.

BROWN (G.H.), *Bede the Venerable*. – Boston : Twayne, 1987. – (Twayne's English authors series ; 443).

BERNARD SILVESTRE :

The Cosmographia of Bernardus Silvestris / ed. by W. WETHERBEE. – New York : Columbia University Press, 1973. – (Records of Civilisation : Sources and Studies ; 89).

BOÈCE :

Anicii Manlii Boethii Philosophiae consolatio / éd. par L. BIELER. – Turnhout : Brepols, 1957. – (Corpus Christianorum : Series latina ; 94,1).

COURCELLE (P.), *La consolation de la philosophie dans la tradition littéraire : Antécédents et postérité de Boèce*. – Paris : Études Augustiniennes, 1967. – (Études augustiniennes : Série Antiquité ; 28).

CASSIODORE :

Édition ancienne dans la *Patrologie Latine*, t. LXX, col. 1216, sous le titre *De artibus ac disciplinis liberalium litterarum* ; nouvelle édition par Roger Aubrey Baskerville MYNORS : Oxford : Clarendon press, 1937 (rééd. 1961), avec traduction anglaise.

COMPENDIUM PHILOSOPHIAE :

BACKUS (I.), *Why was the «Compendium Aristotelis» (ca. 1240) interesting to Hilarion of Verona in the 1470s ?,* in *Journal of Medieval and Renaissance Studies,* t. XVII, 1987, pp. 25-41.

DE BOUARD (M.), *Une encyclopédie médiévale jusqu'à présent inconnue, le «Compendium Philosophiae»*, in *Revue Thomiste*, t. XV, 1932, pp. 118-143 et pp. 301-330.

—, *Une nouvelle encyclopédie médiévale, le «Compendium philosophiae»*. – Paris : De Boccard, 1936.

GUILLAUME DE CONCHES :

L'ancienne édition de la *philosophia mundi* dans la *Patrologia Latina* (t. CLXII) est à compléter par :

Un brano inedito della «Philosophia» de Guglielmo di Conchis / ed. C. OTTAVIANO. – Naples, 1935. – (Collezione de texti filosofi inediti e rari ; 1).

et

Philosophia mundi / trad. et éd. sc. Gr. MAURACH ; Ausg. des 1. Buch von Wilhelm von Conches *Philosophia* mit Anhang. – Pretoria : Unisa, 1974. – (University of Santa Africa : Studia ; 15).

HONORIUS D'AUTUN :

Édition de ses œuvres dans *Patrologia Latina*, t. CLXXII, coll. 39-1270.

FLINT (V.I.J.), *The place and purpose of the works of Honorius Augustodunensis*, in *Revue Bénédictine*, t. LXXXVII, 1987, pp. 97-127.

LEFEVRE (Y.), *L'Elucidarium et les Lucidaires : Contribution, par l'histoire d'un texte, à l'histoire des croyances religieuses en France au moyen âge*. – Paris : De Boccard, 1954. – (Bibliothèque des Écoles Françaises d'Athènes et de Rome: Série 1 ; 180).

HUGUES DE SAINT-VICTOR :

Hugo de Sancto Victore, Didascalicon : De studio legendi / éd. Ch. H. BUTTIMER. – Washington D.C. : Catholic University Press, 1939. – (Catholic University of America. Studies in Medieval and Renaissance Latin ; 10).

CHATILLON (J.), *Le «Didascalicon» de Hugues de Saint Victor*, in *Cahiers d'Histoire Mondiale*, op. cit., pp. 539-552.

JAVELET (R.), *Considérations sur les arts libéraux chez Hugues de Saint-Victor*, in *Arts libéraux et philosophie au moyen âge*, op. cit., pp. 557-568.

BARON (R.), *Science et sagesse chez Hugues de Saint-Victor*. – Paris : Lethielleux, 1957. – pp. 35-96.

ISIDORE DE SÉVILLE :

Isidori Hispalensis episcopi Etymologiarum sive originum libri XX / éd. W.M. LINDSAY. – Oxford : Clarendon Press, 1911. – (Scriptorum classicorum bibliotheca Oxoniensis). – Repr. lith. en 1966.

San Isidoro de Sevilla. Etimologias. Edicion bilingüe / trad. et notes J. OROZ RETA et M.-A. MARCOS CASQUERO ; introduction de M.C. DIAZ Y DIAZ. – Madrid : Ed. Catolica, 1982. – (Biblioteca de Autores Cristianos ; 433).

Isidorus Hispalensis. Traité de la nature / éd. par J. FONTAINE. – Bordeaux : Feret, 1960. – (Bibliothèque de l'École des hautes études hispaniques ; 28).

FONTAINE (J.), *Isidore de Séville et la culture classique dans l'Espagne wisigothique*. – 2e édition. – Paris : Études Augustiniennes, 1983.

—, *Isidore de Séville et la mutation de l'encyclopédisme antique*, in *Cahiers d'Histoire Mondiale*, op. cit., pp. 519-538.

LAMBERT DE SAINT-OMER :

Lambertus Sancti Audomari canonici, Liber Floridus : codex autographus bibliothecae universitatis gandavensis / éd. A. DEROLEZ. – Gand : Story-Scientia, 1968.
Édition et étude avec fac-similé.

MARTIANUS CAPELLA :

WILLIS (J.), *Martianus Capella, De nuptiis Philologiae et Mercurii*. – Leipzig : B.G. Teubner Verlagsgesellschaft, 1983. – (Bibliotheca scriptorum graecorum et romanorum Teubneriana).

CARMODY (Fr.J.), *Physiologus latinus : Éditions préliminaires*. – Paris : Droz, 1939.

SEEL (O.), *Der Physiologus*. – Zurich : Artemis, 1960. – (Lebendige Antike).

Theobaldi Physiologus / éd. P.T. EDEN. – Leiden, 1972. – (Mittellateinische Studien und Texte ; 6).

PLINE L'ANCIEN :

Naturalis Historia / éd. H. LE BONNIER et A. LE BOEUFFLE. – Paris, 1972. – (Collection des Universités de France).

RABAN MAUR :

De Universo libri XXII, éd. dans *Patrologia Latina*, t. CXI, coll. 13-614.

SOLIN :

The excellent and pleasant work «Collectanea rerum memorabilium» of C.J. Solinus / translated from the latin of 1587 by A. GOLDLING ; a facsimile reproduction with introduction by G. KISH. – Gainesville, 1955.

MOMMSEN (Th.), *Collectanea rerum memorabilium*. – 2e édition. – Berlin, 1895. – Reproduction en 1958.
Édition critique des bribes conservées de son œuvre.

THOMAS DE CANTIMPRÉ :

BOESE (H.), *Thomas Cantimpratensis* Liber de natura rerum, *Teil I : Texte / Editio princeps secundum codices manuscriptos*. – Berlin ; New York : De Gruyter, 1973.
Édition critique. Le commentaire n'est jamais paru.

ENGELS (J.), *Thomas Cantimpratensis redivivus*, in *Vivarium*, t. XII, 1974, pp. 124-132.

WALSTRA (G.J.J.), *Thomas of Cantimpré*, in *Vivarium*, t. V, 1967, pp. 146-171, t. VI, 1968, pp. 46-61.

VINCENT DE BEAUVAIS :

Il n'existe pas d'édition critique de cette œuvre immense qu'est le *Speculum maius*. L'édition ancienne à laquelle on se réfère le plus souvent est celle de Douai, 1624 (facsimilé Graz, 1961-1965). D'autres éditions présentent des variantes importantes, dépendant de la version de l'œuvre dont elles sont le témoin.

JONSSON (E.M.), *Le sens du titre Speculum aux XIIe et XIIIe siècles et son utilisation par Vincent de Beauvais*, dans *Vincent de Beauvais : Intentions et réceptions d'une œuvre encyclopédique au moyen âge* / sous la direction de S. LUSIGNAN, M. PAULMIER-FOUCART, A. NADEAU. – Paris : Saint-Laurent, 1990. – pp. 11-32. – (Cahiers d'études médiévales : cahier spécial ; 4).

Alchimie antique et médiévale avant 1300
Mystères et réalités

Andrée Colinet
Docteur en philosophie et lettres

Avant de s'interroger sur le réalisme de l'alchimie, il est peut-être utile d'essayer de clarifier la notion d'alchimie et de tenter d'en expliquer sommairement les théories générales.

I. Sens courant actuel

Actuellement le terme «alchimie» s'emploie souvent dans un sens figuré : on en parlera dans l'élaboration d'un vin, d'un parfum, ou d'un recueil de poèmes (*L'alchimie du verbe* de Rimbaud par exemple), on s'en servira même en politique : les médias l'utilisent souvent dans un sens très éloigné de sa signification initiale (1). Dans ces divers contextes, le mot a une connotation plutôt sympathique et évoque des opérations savantes et mystérieuses, recherchant ou non la perfection.

Le terme s'emploie aussi avec une valeur méprisante : on imagine alors un vieux fou entouré d'un fouillis invraisemblable où l'on distingue des cornues, un four avec un soufflet, de vieux grimoires, une chouette, un crapaud, et mille autres objets des plus insolites. Un vieux fou déguenillé en train d'essayer de faire de l'or.

Ces deux sens sont vrais, quoique un peu caricaturés.

L'image du vieux fou a été véhiculée par la littérature et les arts au moyen âge et plus tard : que l'on songe par exemple aux *Contes de Cantorbury* de Chaucer (1340-1400) ou aux ateliers dépeints par Brueghel l'Ancien (±1525-1569) ou par Teniers (1610-1690). On faisait aussi de l'alchimiste un

(1) Cf. les exemples donnés dans la première section de l'annexe *Textes d'illustration*.

magicien, Albert le Grand ou Roger Bacon n'ont pas échappé à la règle, on les tourna en dérision tout comme Socrate déjà avait été caricaturé par Aristophane. Mais cette manière de voir s'est accentuée au cours du XVIIIe siècle, lorsque la chimie a voulu se dégager de l'alchimie et pensait qu'un corps simple ne pouvait pas se transformer en un autre corps simple : c'était devenu une attitude de combat, attitude qui s'estompa lorsque l'opposition disparut.

D'autre part, des préparations compliquées et mystérieuses ont bien été le propre de l'alchimie, accompagnées parfois d'idées de régénération personnelle qui devait mener l'adepte à un état presque divin, à l'immortalité et à l'éternelle jeunesse. Depuis les romantiques, l'alchimiste est à la mode : le personnage est idéalisé, on l'imagine marginal et anti-conformiste ; les surréalistes ont été aussi séduits par le fantastique de ses allégories ; aujourd'hui encore, hommes de lettres et peintres s'en inspirent.

Toutes ces approches émotionnelles, positives et négatives, s'entremêlent pour ajouter à l'attraction qu'exerce le terme sur le public. Mais, abstraction faite de ces derniers aspects, le terme «alchimie», au sens propre, évoque actuellement des pratiques secrètes quelque peu magiques voulant aboutir à la fabrication d'or, de pierre philosophale ou d'élixir de longue vie. Voyons ce qu'il représente historiquement.

II. Origine du mot et compréhension

Pendant tout le moyen âge et jusqu'à Lavoisier, «chimie» et «alchimie» s'emploient indifféremment l'un pour l'autre. Le mot vient du grec «chimia», écrit χημεία, χυμεία, χημία, etc. On le rencontre chez des auteurs tardifs, par exemple chez Olympiodore (V^e^ ou VIe s. p.c.n.), appliqué à des œuvres de Zosime [2]. Il désigne l'art de transmuter les métaux vils en or et en argent. Il est peu attesté, car les alchimistes anciens parlent plutôt d'«art sacré» (ἱερὰ τεχνή). Son étymologie est discutée [3]. Le terme passe chez les Arabes qui lui ajoutent leur article «al-» («al-kimiya»), puis en latin *alchimia*, *alchymia*, *alkimia*, *alchemia*, etc. au XIIIe siècle, et en français «alchimie», «alchymie», «alchemie», «alquemie», «alkimie», etc. Peu à peu, on séparera bien «chimie» et «alchimie», réservant à l'alchimie le sens de savoir qui croit à la transmutation des métaux, qu'il soit antique, médiéval ou

(2) *Collection des anciens alchimistes grecs*, vol. II, p. 94 l. 17.
(3) Cf. R. HALLEUX, *Les textes alchimiques*, pp. 45-47.

postérieur. Mais Berthelot encore parle indifféremment d'«alchimistes grecs» et de «chimie antique».

Les historiens des sciences actuels comprennent le mot de deux façons. Certains considèrent comme alchimiques tous les textes préchimiques, qu'ils soient simplement pratiques et techniques ou qu'ils énoncent des théories transmutatoires. D'autres réservent le nom d'alchimiques aux textes qui s'occupent manifestement de transmutation, mais il est parfois difficile d'évaluer dans le concret si telle recette est simplement pratique ou si elle est alchimique. Ainsi, on a discuté la valeur des *papyrus de Leyde* et *de Stockholm*, recueils de recettes grecques du début du IVe s. p.c.n. Certains les ont vus techniques, mais d'autres, alchimiques (4). De même, pour la *Mappae clavicula*, un recueil latin du haut moyen âge, qualifié de «manuel des arts décoratifs» (5) par son inventeur. On l'a considéré comme un manuel d'atelier jusqu'à ce qu'un métallurgiste, Cyril S. Smith, démontre l'invraisemblance technique de certaines de ses recettes (6). Robert Halleux et Paul Meyvaert ont finalement montré qu'il était la traduction d'un ouvrage alchimique grec (7). Son titre même est d'origine alchimique.

III. Évolution de la notion

L'alchimie occidentale est née en Égypte à l'époque alexandrine (8). La période alexandrine est un moment de grand syncrétisme culturel. Les successeurs d'Alexandre avaient l'habitude de privilégier la culture. À Alexandrie, les Ptolémées avaient bâti le Musée, où étaient hébergés des savants du monde entier, ainsi que la Bibliothèque, très importante, où se pratiquait un travail d'érudition considérable. C'est dans cette atmosphère qu'est née la littérature alchimique grecque, c'est-à-dire écrite en grec. Malheureusement, outre les papyri nommés plus haut, nous n'en connaissons que des fragments, cités et commentés par des auteurs postérieurs, ou traduits en syriaque, en arabe et en latin. Marcellin Berthelot et Charles-

(4) Cf. R. HALLEUX, *Papyrus de Leyde*, pp. 24-30.

(5) Th. PHILLIPS, *Letter addressed to Albert Way* [...] *Mappae Clavicula*, pp. 183-184. Voir aussi M. BERTHELOT, *La chimie au moyen âge*, vol. I, p. 1.

(6) Cf. *Mappae clavicula : A little key to the world of medieval techniques*, pp. 14-20.

(7) Cf. R. HALLEUX & P. MEYVAERT, *Les origines de la* Mappae Clavicula, pp. 8-25.

(8) Je ne parlerai pas de l'alchimie indienne ou chinoise, bien qu'elles existent, car pour ces littératures se pose toujours le problème de la chronologie.

Émile Ruelle en ont édité une partie importante avec traduction française, il y a un siècle (9).

Parmi ces premiers auteurs, on mentionnera Hermès et Chymès, les pères de l'alchimie ; une femme aussi, Marie, l'inventeur du bain-marie, qui aurait écrit un ouvrage sur les appareils de distillation et les fourneaux ; et surtout Démocrite, non pas Démocrite d'Abdère, le philosophe atomiste, mais sans doute Bolos de Mendès qui aurait vécu vers 200-100 a.c.n. (10). Il a écrit des Φυσικὰ καὶ Μυστικά (= Secrets de la Nature) qui décrivaient en quatre livres des teintures en or et en argent ainsi que des fabrications de fausses pierres précieuses et de pourpre artificielle. On en a quelques fragments en grec et un plus long en syriaque. On lui attribue aussi des Χειρόκμητα, des manipulations, ouvrage perdu, semble-t-il, à moins que ce ne soit le précédent, désigné par un autre titre.

L'auteur principal ensuite est Zosime (IIIe s. p.c.n.) qui écrivit 28 livres adressés à sa sœur Théosébie (11). On n'en connaît pas exactement les titres généraux : Zosime désigne ses ouvrages sous le nom d'ὑπομνήματα, mémoires, ou de χειρόκμητα également (12). Les auteurs postérieurs sont des commentateurs.

Cette alchimie fait référence aux temples d'Égypte, à la Perse, au judaïsme parfois. Elle repose sur trois fondements :

1. Des idées philosophiques grecques qui avaient cours à cette époque d'éclectisme : on puisait chez les stoïciens, les épicuriens, les académiciens, les présocratiques...

2. Des pratiques techniques des artisans de l'époque. Berthelot parle de techniques secrètes des prêtres égyptiens, mais rien ne le prouve. Le terme χειρόκμητα, que l'on rencontre plusieurs fois, me fait croire que les cogitations philosophiques étaient accompagnées

(9) Dans la *Collection des anciens alchimistes grecs* pour les fragments grecs. Pour les textes syriaques et arabes, voir *La chimie au moyen âge* du même BERTHELOT, vol. II et III.

(10) La perte des textes, autre difficulté en alchimie : les auteurs sont rarement datés et ils s'affublent souvent d'un nom célèbre pour augmenter la valeur de leur ouvrage et faire ainsi autorité.

(11) On s'est demandé comment il fallait comprendre «sœur». Le mot désigne-t-il sa vraie sœur ou sa consœur en alchimie ? Cf. l'exposition du problème chez M. MERTENS dans ZOSIME, *Mémoires authentiques*, vol. I, p. 7.

(12) Voir la discussion des titres chez M. MERTENS dans ZOSIME, *Mémoires authentiques*, vol. I, pp. 76-83.

d'applications pratiques, et l'aspect mystérieux que présente certaines recettes provient plutôt d'une autre cause, une mode littéraire du temps.

3. C'était le temps de l'hermétisme qui va fortement influencer la forme des textes. Il existe sous le nom d'Hermès, le dieu grec qui correspond au dieu égyptien Thot, patron des arts et des sciences entre autres, toute une littérature d'abord astrologique, puis alchimique, puis philosophique et enfin théologique. On y trouve régulièrement le thème de la révélation qui se fait, soit au cours d'un songe, soit par la découverte d'un livre ou d'une stèle, et qui doit apporter la réponse aux questions, réponse qui est en général très obscure, sybilline. Cette révélation se transmet au fils, s'il est digne, et doit être cachée aux profanes. C'est un thème très populaire, déjà dans les contes égyptiens et qui ne doit pas être pris au pied de la lettre (13).

Ainsi, selon les auteurs de l'époque, c'est par l'évocation du fantôme du philosophe mort qu'est découvert le traité de Démocrite (14) ; c'est au cours de songes que Zosime a ses visions (15) et c'est dans le tombeau d'Hermès qu'Apollonios de Tyane découvre la Table d'Émeraude, mille fois recopiée par la suite (16). Ces lieux communs du cadre hermétique vont subsister dans toute la tradition alchimique postérieure, même dans des textes clairs comme ceux de Roger Bacon ou d'Albert le Grand, parfois de façon très puérile : on écrira «blchkmkb» pour *alchimia* par exemple.

Outre ces mises en scène, cette tournure d'esprit donnera naissance également aux signes graphiques (17), aux noms codés, aux symboles et aux allégories obscurcissant certains textes à plaisir.

Idées philosophiques grecques, pratique transmutatoire et emballage hermétique, ces trois caractères vont accompagner l'alchimie durant toute son histoire, avec, suivant les auteurs, prédominance de telle ou telle tendance.

(13) Cf. A. J. FESTUGIÈRE, *La révélation d'Hermès Trismégiste*, vol. I, pp. 350-353.

(14) *Collection des anciens alchimistes grecs*, vol. II, pp. 42-43 § 3 : texte ; vol. III, pp. 44-45 : traduction.

(15) ZOSIME, *Mémoires authentiques*, vol. I, pp. 169-177.

(16) Apollonius de Tyane vécut au premier siècle de notre ère. On lui attribue le *Livre du Secret de la Création* ou *Livre des Causes* qui, dans sa forme actuelle, est une œuvre arabe qui doit dater du IX[e] siècle, mais qui aurait des sources grecques (P. KRAUS, *Jabir ibn Hayyan*, pp. 270-280). Cf. le point IV de l'annexe.

(17) Pour les signes grecs, cf. C. O. Zuretti, *Alchemistica signa*.

L'alchimie grecque va passer chez les Arabes où nous trouvons, à côté de traductions d'auteurs anciens, deux grands noms : Razi, le médecin persan du IXe s. et Jabir, un arabe du VIIIe s. auquel on a attribué des œuvres qui, dans leur état actuel, paraissent postérieures, du IXe s. sans doute.

Razi écrit un traité pratique, qui passe en revue toutes les substances chimiques du temps ainsi que les appareils avant de décrire les opérations, un traité très clair qu'il intitule pourtant *Secret des secrets* (18). Jabir est plus un théoricien, il écrit en clair aussi, mais dans son *Livre des Soixante-dix,* il préserve le secret en dispersant sa science en plusieurs endroits : il n'explique jamais à fond ses idées en une fois, mais juxtapose de nombreux thèmes presque sans lien et les reprend avec de légères variantes, si bien qu'un passage s'éclaire par comparaison avec d'autres (19). Roger Bacon reprendra cette méthode lorsqu'il enverra ses ouvages alchimiques au pape Clément IV : aucun traité ne présente un texte exhaustif, mais ils s'éclairent l'un par l'autre (20). Cependant, si on lit la traduction latine du traité de Jabir, la *Septuaginta*, dans l'édition de Berthelot (21), l'on trouvera que sa clarté est bien obscure. L'édition a été faite sur un manuscrit médiocre, parfois mal déchiffré et le traducteur latin a simplement translittéré les mots arabes qui ne présentaient pas de notion correspondante en latin. Le texte est déjà beaucoup plus clair lorsqu'il est lu dans un bon manuscrit (22).

La science arabe pénètre chez les Latins par l'Espagne et la Grande Grèce au XIIe siècle. Une pléiade de traducteurs s'activent, Gérard de Crémone (1114-1187) en particulier traduit à Tolède au moins trois livres alchimiques (23). Et l'on retrouve en latin les mêmes tendances qu'en arabe.

Mais bientôt on redécouvre Aristote et les grands penseurs du XIIIe s. rationalisent et structurent l'alchimie comme les autres savoirs. Albert le Grand (1183-1280) dans son *De mineralibus* et Vincent de Beauvais (± 1190-1264) dans son *Speculum maius* se servent de sources alchimiques. Roger Bacon (± 1219-1292) a une haute idée de l'utilité de l'alchimie dans l'*Opus*

(18) *Kitab sirr al-asrar.* L'ouvrage a été étudié et traduit en allemand par J. RUSKA, *Al Razi's Buch* Geheimnis der Geheimnisse.

(19) Cf. P. KRAUS, *Jabir ibn Hayyan*, p. XXVII et p. XXX.

(20) Cf. R. HALLEUX, *Les textes alchimiques*, p. 115 note 210.

(21) Liber de Septuaginta *translatus a magistro Renaldo Cremonensi de lapide animali*.

(22) Dans le manuscrit de Palerme BC 4QqA10, ff. 161-192, par exemple.

(23) Le *Livre des soixante-dix* de Jabir, les *Aluns et Sels* et un *Lumen luminum.* Voir K. SUDHOFF, *Die kurze* Vita *und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona,* p. 79, n°65-67.

minus (24) et dans l'*Opus tertium* (25). Son *Breve breviarium* démontre la légitimité de l'alchimie par des raisonnements philosophiques et se présente comme un traité pratique très méthodique, positif et clair, faisant référence à des observations personnelles. Il maintient cependant la tendance hermétique par certains détails : quelques images codées et conviction que la science est réservée aux initiés (26). De cette époque date aussi la *Summa perfectionis magisterii* de Geber, encore souvent confondu avec le Jabir arabe, malgré la démonstration de Marcelin Berthelot déjà (27). C'est un ouvrage systématique, capital de la scolastique, dont l'auteur est Paul de Tarente (28). C'est alors l'apogée de l'alchimie rationnelle et «scientifique».

À partir du XIVe s., l'alchimie s'essouffle, recommence et complique sans fin les opérations sans jamais arriver au but. Auparavant, l'on insistait sur la nécessité de bien purifier les substances avant le travail pour arriver à un résultat, maintenant, sous l'influence de doctrines religieuses comme celles de Joachim de Flore, c'est l'alchimiste surtout qui doit se purifier. Les idées d'élixir de longue vie et de panacée universelle, que l'on trouve dans l'alchimie chinoise et déjà chez Bacon (29), se développent. Les allégories et les symboles deviennent plus fréquents, les alchimistes vont jusqu'à chercher leurs images dans la Passion du Christ. Les illustrations des manuscrits sont parfois très belles et intéressent le domaine de l'art fantastique. L'alchimie devient une ascèse dont la transmutation des métaux n'est que la figure. La véritable transmutation est celle de l'homme.

Encore aujourd'hui, certains croient à l'alchimie, à la transmutation, à la panacée, à la régénération de l'homme.

En résumé, l'alchimie est :

1. une explication philosophique de la composition de la matière, une philosophie de la nature.
2. une pratique préchimique très étendue.
3. un savoir occulte, parfois de pure forme, et allégorique.
4. une mystique qui prône le dépassement de l'individu.

(24) Cf. R. BACON, *Opus minus*, p. 321.
(25) Cf. R. BACON, *Opus tertium*, p. 40. Voir aussi le point 3d de l'annexe.
(26) Cf. R. BACON, *Breve breviarium* / éd. San. Med., p. 185, p. 187, p. 191, p. 262 et p. 264.
(27) Cf. M. BERTHELOT, *La chimie au moyen âge*, vol. I, pp. 344-350.
(28) Édition de W. R. Newman.
(29) R. BACON, *Opus tertium*, p. 40 e. a. Voir le point III.4 de l'annexe.

IV. Théories alchimiques

Deux remarques :

1. Il faut veiller à ne pas attribuer aux mots un sens qu'ils n'ont pas : soit en les interprétant, soit en donnant à des mots anciens un sens postérieur (ex. : le mot μέταλλον ou *metallum* désigne d'abord une mine, puis ce que l'on en extrait, enfin le métal [30] ; le sel ammoniac est d'abord du carbonate de sodium, puis du chlorure d'ammonium ; l'eau de vie à l'origine n'est pas de l'alcool, etc.).

2. Pour convaincre, nous aimons employer le langage mathématique, les Anciens se servaient plutôt d'un langage imagé (les mythes de Platon, les paraboles des Évangiles).

Les idées sont tirées de la philosophie grecque qui avait cours à l'époque hellénistique. Elles vont quelque peu varier au cours des temps et suivant les auteurs. Je donne ici les principales.

Il faut partir de la sympathie universelle des stoïciens. Le monde est un ; chaque chose est en rapport avec les autres. La notion est figurée dans l'ourobore, le serpent qui se mord la queue, accompagné des mots : «Ἓν τὸ πᾶν» (Un est le tout).

À partir d'une matière indifférenciée, le monde est composé des quatre éléments d'Empédocle, repris par Platon et d'autres : terre, eau, air, feu. Chaque chose contient un peu des quatre, et chaque élément peut se transformer en son voisin, ce qui explique les changements. Ces éléments possèdent des qualités élémentaires (qui s'appelleront natures chez Jabir) : chaud-froid ; sec-humide. La terre est sèche et froide ; l'eau est froide et humide ; l'air (vapeur) est humide et chaud ; le feu est chaud et sec. Pour transformer un élément en son voisin, on garde une qualité et on change l'autre.

Les éléments sont des particules dotées d'une forme géométrique (Platon [31]) : le feu est un tétraèdre (pyramide), l'air un octaèdre, l'eau un icosaèdre et la terre un cube. Le feu est donc très acéré et détruit facilement les structures des autres, tandis que la terre est inerte. Avec le plein et le vide, ces structures expliquent les propriétés des corps.

(30) Cf. R. HALLEUX, *Le problème des métaux dans la science antique*, pp. 19-33.
(31) PLATON, *Timée*, 53 c - 56 c.

Dans un corps, tous les éléments ne sont pas visibles en même temps : certains sont manifestes (autrement dit : extérieurs ou en acte, selon Aristote) ; d'autres sont cachés (intérieurs ou en puissance).

Les métaux sont composés des quatre éléments avec prédominance de l'eau : ils fondent comme de la glace, sauf le fer que les Anciens ne savaient pas fondre, et le mercure reste liquide. Ils ont tous les quatre qualités, dont deux manifestes et deux cachées (p. ex. : le plomb est secrètement de l'or). On appelle parfois «âme» ou «esprit» le métal interne ; l'externe est appelé «corps».

La théorie de la formation des métaux à partir du mercure et du soufre apparaît pour la première fois dans le *Livre du Secret de la Création*, attribué à Apollonius de Tyane qui vécut au Ier siècle p.c.n. Cet ouvrage doit dater du IXe siècle dans sa forme actuelle, mais se base sur des sources grecques. Cette théorie est peut-être déjà une idée de Zosime [(32)].

L'eau est alors la matière lointaine du métal et le mercure et le soufre la matière rapprochée. Tous ces termes sont figurés, bien sûr : le mercure figure la fusibilité et le soufre la combustibilité ou l'oxydation. Tous les métaux ont donc la même matière et ils seraient tous de l'or, s'ils avaient cuit assez longtemps dans la terre. Leurs différences proviennent d'une différence de proportions des qualités élémentaires et d'une différence de cuisson (autrement dit, ils ont tous la même substance, mais diffèrent par leurs acccidents [(33)]). Il suffit donc de suppléer aux manques et d'éliminer les caractères superflus pour pouvoir transmuter. La transmutation est donc possible en théorie, à condition de retourner d'abord à la matière première indifférenciée et de travailler avec des produits purs.

Pour devenir de l'or, les métaux sont cuits longuement à feu doux dans la terre, et l'alchimiste doit essayer d'imiter la nature. Il réduira d'abord les métaux en chaux (= en poudre, par calcination, grillage ou pulvérisation) et tentera ainsi d'éliminer leurs caractères propres, puis appliquera aux métaux malades une médecine qui corrigera leurs défauts [(34)] et permettra à l'adepte de travailler plus vite que la nature qui met des dizaines de millions d'années pour faire de l'or. Cette médecine sera un esprit (= mercure, soufre, sulfures d'arsenic, sel ammoniac, tous sublimables) ou la

(32) Cf. ZOSIME, *Mémoires authentiques*, vol. II, pp. 305-306.
(33) Cf. le point III.1 de l'annexe.
(34) Cf. le point III.2 de l'annexe.

pierre philosophale. Une petite addition d'or facilitera l'opération, comme un peu de levain aide à faire monter la pâte (Zosime [35]).

V. L'alchimie est-elle réaliste ?

Remarquons d'abord que le mot «réalisme» n'a pas le même sens chez les philosophes, lorsqu'ils parlent de Platon ou de Kant, ou chez les scientifiques et qu'il y a peut-être danger d'utiliser ici une notion anachronique.

Je dirai simplement que, pour les alchimistes, l'eau-élément n'est pas de l'eau matérielle, le mercure-matière n'est pas du mercure vulgaire, les corps contiennent à l'intérieur et en puissance d'autres corps. Derrière la réalité visible, courante, qu'ils ne contestent pas, il est donc pour eux une autre réalité qu'ils suggèrent par des images.

(35) *Collection des anciens alchimistes grecs*, vol. II, p. 175 l. 20-23 ou p. 145 l. 9-11 ou p. 248 l. 7-8.

Annexe

Textes d'illustration

I. *Sens actuel*

L'alchimie et la politique :

> «Quand on mélange le nationalisme romantique avec la montée de l'extrême droite, on peut se trouver à un certain moment devant une alchimie extrêmement dangereuse pour les relations entre les communautés en Belgique» (Charles PICQUÉ).
>
> *La journée : Leurs petites phrases*, dans *La Libre Belgique* du 6-9-94, p. 4.

L'alchimie et l'art du graphiste :

> «À Saint-Hubert, en grand alchimiste de l'imaginaire, Josse Goffin invite enfants et parents au voyage. [...] Des globes terrestres, des personnages en chapeau boule, des escaliers, des crocodiles hantent les créations de ce grand alchimiste de l'imaginaire, qui a fait de la communication efficace son mot d'ordre, du rêve sa marque».
>
> Marianne VANHECKE, *Trois petits tours dans une expo magique*, dans *La Libre Belgique* du 27-7-94.

L'alchimie et la musique. Compte rendu d'un concert choral :

> «Certains chantent avec application et tension, passant à côté de la religiosité qui doit animer ces oeuvres. De superbes moments laissent toutefois penser que l'alchimie n'est pas loin».
>
> Th. B., *De jeunes voix proches du divin*, dans *La Libre Belgique* du 30-10-93, p. 27.

L'alchimie et la gastronomie :

> «Les hommes disent : "La cuisine, c'est notre affaire. Vous les femmes, vous ne pesez pas, vous cuisinez au nez, nous c'est le contraire". C'est pour cela que Mérotte leur dit qu'ils cuisinent "scientifiquement" [...]. Les femmes ne font pas deux fois le même

plat. Les hommes ont mis dans la cuisine cette rigueur masculine, cette alchimie... mais cela n'enlève absolument pas la créativité. Elle naît toujours aussi fastueuse !».

Geneviève STAQUET, *Rencontré Janine Montupet : Un petit souffle de bonheur*, dans *Femmes d'Aujourd'hui* du 18-8-94, p. 83.

L'alchimie et le vin :

Sous le titre *L'alchimie du prix*, article détaillant les composantes du prix des vins de Bordeaux, avec sa conclusion : «Alors, le vin est-il trop cher ? Peut-être, mais les produits nobles ont tous leurs caprices...».

Th. B., *L'alchimie du prix*, dans *La Libre Belgique* du 20-8-94, p. 21 du cahier *La Libre Entreprise*.

II. *L'antre imaginaire d'un alchimiste*

«Une ville, une tour, un diable, un alchimiste. [...] L'alchimiste a nom Maître Martinus Faustus Rosenthal, docteur ès Arts magiques et libéraux. Il est vieux, savant, grand et barbu ainsi qu'il sied à tout alchimiste ou astrologue. De plus, il a un très mauvais caractère et passe pour être un maître dur et impitoyable pour messire Satanas, qu'il tient sous sa domination, de par certaines formules sarrasines que les alchimistes se passent de maître à maître depuis des temps fabuleux.

«Martinus Faustus Rosenthal habite la Tour enchantée : la tour est au sommet de la colline et le laboratoire de l'alchimiste au sommet de la tour, au-dessus des créneaux. Là, des télescopes sont éternellement braqués sur les astres ; là, Rosenthal pâlit sur des livres poudreux et vénérables, aux pages pleines de figures mystérieuses et couvertes d'écritures inconnues ; là, Rosenthal passe ses nuits à opérer on ne sait quels mélanges extraordinaires dans des cornues de formes bizarres, à travers des alambics fantastiques, sur des fourneaux étranges, à la lueur de flammes bleues, violettes, vertes ou rouges.

«Un beau jour, maître Martinus Rosenthal fut appelé [...] chez un prince de ses clients, lequel, se trouvant tourmenté par quelques dettes criardes, désirait, pour s'en débarrasser, altérer légèrement et adroitement les produits de son hôtel des monnaies [...].

«Et l'eau ruisselait toujours à travers le laboratoire ! Les rats de la Tour enchantée ne savaient comment fuir l'inondation ! Ils couraient, éperdus, sur les fourneaux, cherchant vainement un

refuge. Une quinzaine de ces infortunés, accrochés au soufflet de l'alchimiste, flottaient au gré des eaux [...]. C'était lamentable ! [...] les crocodiles accrochés au plafond [...] s'agitaient, bien qu'empaillés depuis plus de deux cents ans, et [...] remuaient doucement les pattes [...]. Sur les tablettes, des poissons empaillés poussaient des cris inarticulés, et les serpents sifflaient dans les bocaux d'esprit-de-vin».

Albert ROBIDA, *La Tour enchantée*, dans *Quinze histoires de mystère*. – Paris : Gautier-Langereau, 1971. – pp. 10-18. – La nouvelle reprend le thème de l'apprenti-sorcier.

III. *Définitions* (36)

1. *Albert le Grand*

«Alchymia est ars ab Alchymio inventa. [...] Per ipsam artem reducuntur omnia quae in mineris sunt imperfecta de corruptione ad sanitatem et de imperfectione ad perfectionem. Et notandum quod metalla differunt in sola accidentali forma et non essentiali : spoliatio ergo in metallis accidentium possibilis est. Unde possibile est per artem artificis novum corpus constitui quia omnia metalla generantur in terra ex sulphure et argento vivo».

L'alchimie est un art inventé par Alchymius. [...] Par cet art, tout ce qui est imparfait dans les mines est amené de la corruption à la santé et de l'imperfection à la perfection. Il faut noter que les métaux ne diffèrent que par leur seule forme accidentelle et non essentielle : l'enlèvement des accidents est donc possible dans les métaux. D'où il est possible qu'un nouveau corps soit constitué par l'art de l'artisan parce que tous les métaux sont engendrés dans la terre à partir de soufre et de vif-argent (*Nous traduisons*).

ALBERT LE GRAND, *Semita recta*, ms. Palerme 4Qq A10, f. 246.

2. *Roger Bacon*

«Ars Alchymiae duo principaliter considerat, videlicet corpora metallorum infirma et res quasdam medicinales ipsa curantes. [...] Infirmitates ipsorum omnes sunt quidem ex defectu depurationis illorum».

L'art alchimique étudie principalement deux choses : les corps métalliques malades et les médecines qui les guérissent. [...] Leurs

(36) Toutes les traductions sont personnelles.

maladies proviennent toutes de leur manque de purification (*Nous traduisons*).

Roger BACON, *Breve breviarium*, pp.136-137.

3. *Roger Bacon*

«Sed alia est scientia quae est de rerum generatione ex elementis et de omnibus rebus inanimatis : ut de elementis et de humoribus simplicibus et compositis ; de lapidibus communibus, gemmis, marmoribus ; de auro et ceteris metallis ; de sulphuribus et salibus et atramentis ; de azurio et minio et ceteris coloribus ; de oleis et bituminibus ardentibus, et aliis infinitis de quibus nihil habemus in libris Aristotelis ; nec naturales philosophantes sciunt de his, nec totum vulgus Latinorum. [...] et haec scientia est alkimia speculativa quae speculatur de omnibus inanimatis et tota generatione rerum ab elementis».

Mais il est une autre science qui traite de la génération des choses à partir des éléments et de tout ce qui est inanimé, comme des éléments et des humeurs simples et composées, des pierres communes, des gemmes et des marbres, de l'or et des autres métaux, des soufres, des sels et des vitriols, de l'azur, du minium et des autres couleurs, des huiles et des bitumes qui brûlent et d'une infinité d'autres choses à propos desquelles nous n'avons rien dans les livres d'Aristote. Et ceux qui philosophent sur la nature n'y connaissent rien, ni toute la masse des Latins. [...] Cette science est l'alchimie spéculative qui observe tout le monde inanimé et la génération de toute chose à partir des éléments (*Nous traduisons*).

Roger BACON, *Opus tertium*, pp. 39-40.

4. *Roger Bacon*

«Est autem alkimia operativa et practica quae docet facere metalla nobilia et colores et alia multa melius et copiosius per artificium quam per naturam fiant. Et huiusmodi scientia est maior omnibus praecedentibus, quia maiores utilitates producit. Nam non solum expensas et alia infinita rei publicae potest dare, sed docet invenire talia quae vitam humanam possunt prolongare in multa tempora. [...] Haec igitur scientia habet utilitates huiusmodi proprias, sed tamen certificat alkimiam speculativam per opera sua».

Il existe d'autre part une alchimie opérative et pratique qui enseigne à fabriquer artificiellement les métaux nobles, les couleurs et beaucoup d'autres choses mieux et plus abondamment qu'elles ne sont créées naturellement. Et de cette façon, elle est une science

plus importante que les précédentes (c.-à-d. mathématiques, astronomie, géométrie, optique), parce qu'elle présente de plus grandes utilités : en effet, non seulement elle peut procurer à l'Etat des ressources financières et une infinité d'autres choses, mais elle apprend aussi à trouver ce qui peut prolonger de beaucoup d'années la vie humaine. [...] De cette façon, cette science possède ses utilités propres, mais cependant elle donne les preuves de l'alchimie spéculative par ses opérations (*Nous traduisons*).

Roger BACON, *Opus tertium*, p. 40.

IV. *Texte hermétique*

«Incipit liber Hermetis de blchkmkb. [...] In libri mei tractatibus, sicut scriptura quae inter Hermetis adinventa est manus in antro obscuro continebat, rei totius radicem explanando exposui. Scripsi namque hoc meis filiis et meo generi omnibus praeterea sapientibus. Beate igitur quisquis es ad cuiuscumque manus liber iste meus, non absque divino nutu, pervenerit, deprecor et coniuro ne eum nisi viro sapienti qui et in timore dei sit et idoneus ad id fore videatur proferas sive ostendas. [...] Celate ergo hoc filii mei sicut fecit Hermes, nec ostendatis illud alicui maligno nec insociatis vobis in hoc negotio quempiam malum. Si enim mandatum dum vixeritis tenueritis, super omnem orbem terrarum divites post deum eritis». [Suit le texte de la Table d'Émeraude].

Livre d'Hermès sur l'alchimie. [...] Dans les chapitres de mon livre, j'ai exposé clairement l'origine de toute chose, suivant ce que contenait l'écrit trouvé entre les mains d'Hermès dans l'antre obscur. En effet, j'ai écrit ceci pour mes fils et mon gendre, tous sages de plus. Qui que tu sois dans les mains de qui est parvenu heureusement mon livre, non sans la permission divine, je te prie et te conjure, ne le donne ni ne le montre à personne si ce n'est à un homme sage qui soit dans la crainte de Dieu et qui paraisse capable de le rester. [...] Mes fils, cachez donc ceci, comme l'a fait Hermès, ne le montrez à personne de malhonnête et ne vous associez pas dans cette activité à quelque méfait. Si vous suivez ce précepte durant votre vie, après Dieu, vous serez les plus riches du monde (*Nous traduisons*).

Texte inspiré de la fin du *Livre du Secret de la Création* d'Apollonius de Tyane, traduction latine du XIIe siècle éditée par STEELE et SINGER sous le titre *The Emerald Table*, pp. 47-48.

V. *Texte imagé*

«ΠΕΡΙ ΤΟΥ ΘΕΙΟΥ ΥΔΑΤΟΣ. Τοῦτό ἐστι τὸ θεῖον καὶ μέγα μυστήριον τὸ ζητούμενον. Τοῦτο γάρ ἐστι τὸ πᾶν· δύο φύσεις, μία

οὐσία. Ἡ δὲ μία τὴν μίαν ἕλκει, καὶ ἡ μία τὴν μίαν κρατεῖ. Τοῦτο τὸ ἀργύριον ὕδωρ, τὸ ἀρσενόθηλυ, τὸ φεῦγον ἀεὶ, τὸ θεῖον ὕδωρ ὃ πάντες ἠγνοήκασιν [...]. Οὔτε γὰρ μέταλλόν ἐστιν, οὔτε ὕδωρ ἀεικίνητον, οὔτε σῶμα ·οὐ γὰρ κρατεῖται. Τοῦτό ἐστι τὸ πᾶν ἐν πᾶσι· καὶ γὰρ ζωὴν ἔχει καὶ πνεῦμα, καὶ ἀναιρετικόν ἐστι. Τοῦτο ὁ νοῶν καὶ χρυσὸν καὶ ἄργυρον ἔχει».

Sur l'eau divine. Elle est le divin et grand mystère recherché. En effet, elle est le tout : deux natures, une seule substance. Et l'une attire l'une, l'autre fixe l'autre. C'est l'eau argentée, l'hermaphrodite, celle qui fuit toujours, l'eau divine que tous ignorent. [...] Elle n'est ni un métal, ni une eau toujours en mouvement, ni un corps car elle se dérobe. C'est le tout dans tout : en effet, elle possède la vie et l'esprit et elle tue. Celui qui comprend cela possède l'or et l'argent (*Nous traduisons*).

ZOSIME, *Mémoires authentiques*, dans *Collection des anciens alchimistes grecs*, vol. II, p. 143 ou édition de M. Mertens, V, vol. I, p. 158.

VI. *Texte clair*

«Sal petrae [...] citius funditur prae omnibus salibus quae adhuc vidi. [...] nascens inter quosdam lapides quibus ipsum sal dicitur adhaerere. Talis autem naturae est quod, si immediate ignitos carbones tangat, statim accensum evolat cum impetu ; si vero in terreo vel in metallico vase super ignem ponatur in modico calore, quiete et sine saltu funditur. Et liquatum cerae liquefactione ubivis proiectum frigore statim congelatur album et lucidum. Praeparatio autem salis petrae est quod resolvatur in aqua et distilletur per filtrum et distillatum dimittetur quiescere in vase vitreo, quoniam, ut ego probavi, ex acuitate sua terrea vasa penetrat, et cum triduo residerit, invenies ipsum in aqua per virgulas albas et lucidas mirabiliter congelatum».

Le salpêtre [...] fond plus rapidement que tous les sels que j'ai vus jusqu'ici. [...] Il naît entre certaines pierres auxquelles ce sel adhère, dit-on. Il possède une telle nature que, dès qu'il touche des charbons ardents, il monte et s'envole avec impétuosité ; par contre, si on le place dans un vaisseau de terre ou dans un vaisseau métallique sur le feu, à chaleur modérée, il fond tranquillement sans sauter. Liquéfié comme de la cire et placé n'importe où, grâce au froid, il coagule immédiatement et devient blanc et transparent. La préparation du salpêtre consiste à le dissoudre dans de l'eau, le filtrer par filtre et, une fois filtré, à le laisser reposer dans un vaisseau de verre : en effet, comme j'en ai fait l'expérience, il traverse les vaisseaux en terre à cause de son acuité. Lorsqu'il a reposé trois jours, vous le trouverez merveil-

leusement coagulé dans son eau en bâtonnets blancs et transparents (*Nous traduisons*).

Roger BACON, *Breve breviarium*, ms. de Paris BN lat 6514, f. 128^{V} et San. med., pp. 250-252.

Bibliographie

I. *Textes*

Collection des anciens alchimistes grecs / éditée par M. BERTHELOT et Ch.-É. RUELLE. – Paris : Steinheil, 1888-1889.

BERTHELOT (M.), *La chimie au moyen âge*. – Vol. I : *Essai sur la transmission de la science antique au moyen âge*. – Paris : Imprimerie Nationale, 1893.

—, *La chimie au moyen âge*. – Vol. II : *L'alchimie syriaque* / avec R. DUVAL. – Paris : Imprimerie Nationale, 1893.

—, *La chimie au moyen âge*. – Vol. III : *L'alchimie arabe* / avec O. HOUDAS. – Paris : Imprimerie Nationale, 1893.

Édition de GEBER, *Summa perfectionis* : *The* Summa perfectionis *of Pseudo-Geber* / édité par W.R. NEWMAN. – Leyde : Brill, 1991. – (Collection des travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences ; 35).

Édition de HERMES, *Liber rebis* : *The Emerald Table* / édité par R. STEELE et D.W. SINGER, in *Proceedings of the Royal Society of Medicine : Section of the History of Medicine*, t. XXI, 1927, pp. 485-501 ou pp. 41-57.

Édition de JABIR, *Septuaginta* : Liber de Septuaginta *translatus a magistro Renaldo Cremonensi de lapide animali* / édité par M. BERTHELOT, in *Archéologie et histoire des sciences : Mémoires de l'Académie des sciences de l'Institut de France*, t. XLIX, 1906, pp. 310-363.

Mappae Clavicula *: A little key to the world of medieval techniques* / édité par C.S. SMITH et J.G. HAWTHORNE, in *Transactions of the American Philosophical Society*, new series, t. LXIV, 1974, 122 p.

Papyrus de Leyde. Papyrus de Stockholm. Fragments de recettes / édités par R. HALLEUX, dans *Les alchimistes grecs*. – Vol. I. – Paris : Les Belles Lettres, 1981. – (Collection des Universités de France).

Édition de Roger BACON, *Breve breviarium* : *Sanioris medicinae magistri D. Rogeri Baconis Angli, Thesaurus chemicus : in quo Liber Scientiarum. Alchemia major. Breviarium de dono Dei. Verbum abbreviatum de Leone viridi. Secretum Secretorum. Tractatus trium verborum. Speculum Secretorum*. – Prostat Francofurti apud Joannem Carolum Unckelium, Anno Domini MDCXX.

Édition de Roger Bacon, *Opus tertium* et *Opus minus* : *Fr. Rogeri Baconis Opera quaedam hactenus inedita* / édité par J.S. BREWER. – Vol. I. – Londres : Longman, Green, Longman, and Roberts, I859. – pp. 1-310 + pp. 311-389.

ZOSIME DE PANOPOLIS, *Mémoires authentiques* / édités par M. MERTENS. – Thèse. – Liège : Université de Liège, 1992.

II. *Études*

FESTUGIÈRE (A.-J.), *La révélation d'Hermès Trismégiste*. – Vol. I : *L'astrologie et les sciences occultes* / avec un appendice sur l'*Hermétisme arabe* par L. MASSIGNON. – 2e édition – Paris : J. Gabalda, 1950.

GANZENMÜLLER (W.), *L'alchimie au moyen âge* / traduction française de G. PETIT-DUTAILLIS ; revue par R. DELHEZ. – Verviers : Marabout, 1974.

HALLEUX (R.), *Le problème des métaux dans la science antique*. – Paris : Les Belles Lettres, 1974. – (Bibliothèque de la Faculté de philosophie et lettres de l'Université de Liège ; 209).

—, *Les textes alchimiques*. – Turnhout : Brepols, 1979. – (Typologie des sources du moyen âge occidental ; 32).

HALLEUX (R.) – MEYVAERT (P.), *Les origines de la* Mappae Clavicula, in *Archives d'Histoire Doctrinale et Littéraire du Moyen Âge*, t. LIV, 1987, pp. 7-57.

KRAUS (P.), *Jabir ibn Hayyan : Contribution à l'histoire des idées scientifiques dans l'Islam*, dans *Mémoires présentés à l'Institut d'Egypte*, t. XLIV (vol. I) et XLV (vol. II). – Le Caire : Imprimerie de l'Institut français d'archéologie orientale, 1943 et 1942. – LXV, 214 p. et 406 p.

PHILLIPS (Sir Th.), *Letter addressed to Albert Way, Esq., Director, communicating a transcript of a MS treatise on the preparation of pigments, and on various processes of the decorative arts practiced in the Middle Ages, written in the twelfth century, and entitled* Mappae Clavicula, in *Archaeologia*, t. XXXII, 1847, pp. 183-244.

RUSKA (J.), *Al Razi's Buch Geheimnis der Geheimnisse*, in *Quellen und Studien* t. VI, 1937, 245 p.

SUDHOFF (K.), *Die kurze* Vita *und das Verzeichnis der Arbeiten Gerhards von Cremona...*, in *Archiv für Geschichte der Medizin*, t. VIII, 1914, pp. 73-92.

ZURETTI (C.O.), *Alchemistica signa*, dans *Catalogue des manuscrits alchimiques grecs*. – Vol. VIII. – Bruxelles : Union Académique Internationale, 1932.

III. *Manuscrits*

Palerme BC 4Qq A10, début XIVe s.
Paris BN lat. 6514, fin XIIIe s.

Quelques pas de grue à travers l'histoire naturelle médiévale

Un regard diversifié sur le réel

Baudouin van den Abeele
Chargé de recherches à l'Université catholique de Louvain

Le moyen âge a mauvaise presse en matière de sciences naturelles, et de zoologie en particulier. Longtemps, les historiens de la zoologie l'ont ignoré, estimant que les lettrés médiévaux n'étaient attirés que par une lecture symbolique du monde, et que leurs textes fourmillent de contre-sens et de croyances naïves. Ils étaient en ceci encouragés parfois par les historiens et philologues eux-mêmes qui, loin de percevoir les évocations animalières dans leur contexte propre, les jugeaient à l'aune des sciences exactes de leur temps. Des avis tel celui de Charles-Victor Langlois, jugeant les bestiaires latins comme «des écrits de la plus basse qualité» (1), ne sont pas rares. Citons aussi Émile Mâle, dont les ouvrages lumineux sur l'art religieux du moyen âge ont guidé les premiers pas de générations d'historiens d'art: «On comprend que ces siècles mystiques n'eurent pas la moindre idée de ce que nous appelons la science» (2). Sans doute, la zoologie avait aux XVIIIe et XIXe siècles fait de tels progrès que les textes médiévaux connus paraissaient bien lointains et élémentaires dans leur discours sur le monde animal. Encore fallait-il disposer, avant de se prononcer, d'une documentation large en la matière, ce qui était loin d'être le cas : nombre de textes didactiques ou pratiques concernant la nature et les animaux n'étaient pas accessibles en édition jusqu'il y a peu, et certaines lacunes importantes restent à combler (3). Cependant, l'attitude des historiens de la zoologie a évolué, et l'on en est venu à retenir, dans l'époque médiévale, quelques figures marquantes, tels Frédéric II de Hohenstaufen, l'empereur

(1) Ch. V. LANGLOIS, *La vie en France*, p. XXIV.

(2) É. MALE, *L'art religieux du XIIIe siècle*, p. 3.

(3) On pense aux textes de maréchalerie, où les auteurs médiévaux font parfois preuve de connaissances hippologiques remarquables, ou aux textes concernant la chasse, inégalement édités.

fauconnier du milieu du XIIIe siècle, ou son contemporain le dominicain Albert le Grand, dont les commentaires à l'*Histoire des animaux* d'Aristote sont semés de remarques personnelles [4]. Ainsi, l'historien de l'ornithologie Erwin Stresemann distinguait-il naguère l'œuvre limpide de Frédéric II au milieu du «bourbier des connaissances de son temps» [5]. Ouvrons une histoire de la zoologie récente publiée par Ilse Jahn : le moyen âge occidental a droit à moins de vingt pages sur les 500, avec quelque attention pour les textes médicaux et encyclopédiques, puis surtout pour Frédéric II et Albert le Grand [6]. Par ailleurs, un risque de méprises réside dans la tentation de chercher des précurseurs de la science moderne, au vu de critères modernes. Or il importe d'évaluer le discours médiéval sur l'animal dans son contexte littéraire, en tenant compte de la variété des écrits et des intentions qui y sont à l'œuvre. S'agit-il de faire passer une leçon de théologie par le biais d'une similitude animalière ? Une propriété de l'animal sera développée sans que le rapport au réel ou la vraisemblance serve de critère. Il reste néanmoins intéressant de rechercher dans telle ou telle description apparemment fantaisiste le noyau factuel qui lui a donné naissance.

Ces pages se proposent de mettre en lumière quelques regards portés sur l'animal à l'époque médiévale, à travers l'analyse de textes représentatifs, traduits en annexe. Il est en effet intéressant de constituer ainsi un petit dossier, et d'en montrer la richesse. À titre d'exemple, il sera question ici de la grue, un oiseau qui a depuis longtemps retenu l'attention de l'homme. La famille des grues, grands échassiers, est représentée en Europe occidentale par la Grue cendrée (*Megalornis grus*), oiseau de forte taille, d'une envergure de près de deux mètres. L'oiseau a un plumage aux dominantes grises, marqué de noir et de blanc au cou, et de rouge au sommet de la tête. Nichant actuellement en Europe du nord, les grues cendrées effectuent de longues et spectaculaires migrations groupées vers les régions méditerranéennes [7].

(4) Sur ces deux auteurs, voir ci-dessous.

(5) «Frederick II thus channeled limpid Aristotelian thought through the muddy cesspool of contemporary learning» (E. STRESEMANN, *A history of ornithology*, p. 9).

(6) I. JAHN, *Grundzüge der Biologiegeschichte*.

(7) Comme littérature scientifique sur la grue, signalons P. JOHNSGUARD, *Cranes of the world*, et H. PRANGE, *Der Graue Kranich*.

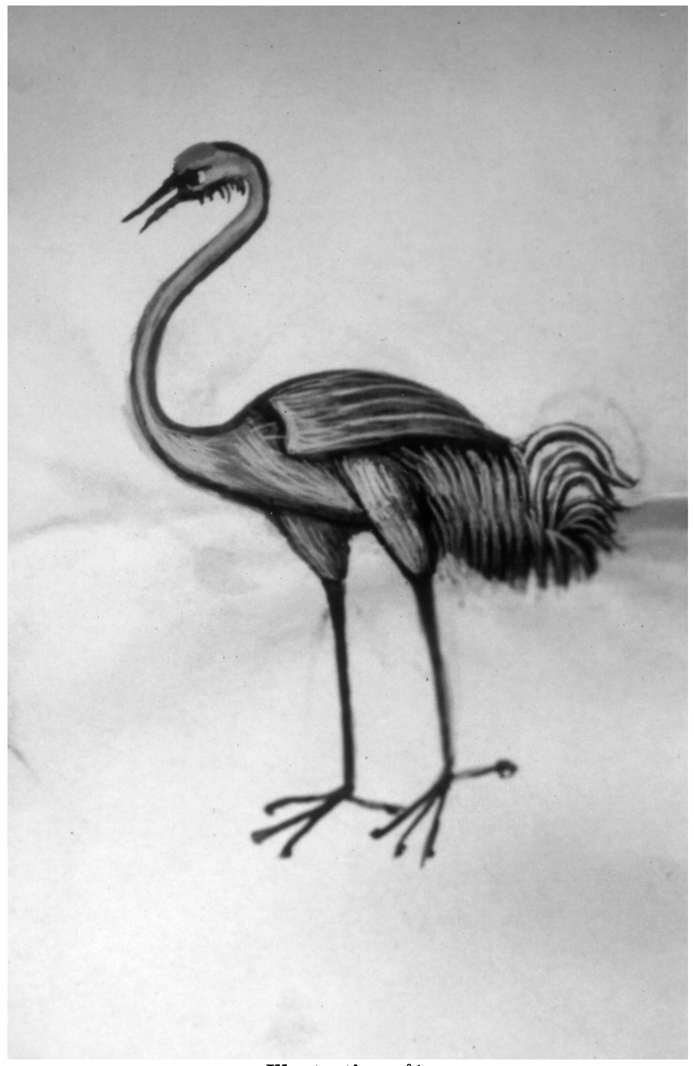


Illustration n°1.
Grue peinte par un miniaturiste italien du XIVe s.

Miniature marginale dans une Bible italienne du XIVe s.
(«Bible d'Anjou», Mechelen, Grootseminarie, 1, f°77 - en dépôt à Leuven, Bibl. der Godgeleerdheid).
Miniature d'un grand réalisme, exception faite de deux détails : couleur des joues et du début du cou ; tracé des doigts de pied (la grue n'a pas de doigt de pied arrière saillant).

I. La littérature encyclopédique

Le genre encyclopédique médiéval, par sa tendance à vouloir fournir une somme de connaissances sur la nature et sur l'univers, rendant compte du plan divin d'une création ordonnée, a droit à une place de choix dans toute enquête sur les savoirs médiévaux. On sait que le moyen âge, principalement aux XIIe et XIIIe siècles, a produit de nombreux ouvrages que l'on peut qualifier d'«encyclopédies», bien que le terme n'ait pas été en usage à l'époque. Le genre regroupe des textes d'ampleur et de nature fort diverses, mais qui ont en commun une volonté de mise en ordre des connaissances dans plusieurs branches du savoir, en rassemblant des extraits de textes antérieurs en une compilation, et ceci dans une intention de vulgarisation (8).

Faire une sorte de bibliothèque en un volume, tel était bien le but d'Isidore, évêque de Séville dans les années 600 à 636 : ses *Étymologies* constituent le modèle et la base du genre pour la période médiévale (9). L'œuvre établit, en un condensé de vingt livres ou sections, un panorama des connaissances qu'Isidore jugeait utiles au clergé espagnol et, par delà, à un public de niveau moyen. Par leur fortune constante tout au long du moyen âge –plus de neuf-cents manuscrits ont été recensés– les *Étymologies* ont fait figure de référence obligée (10). Lisons la section sur la grue :

> «1. Les grues reçurent leur nom de leur voix : c'est en effet ce son qu'elles émettent. 2. Lorsqu'elles volent, elles suivent l'une d'entre elles en un vol ordonné comme une lettre. 3. Lucain écrit d'elles : “et la lettre qu'elles tracent, brouillée par la dispersion de leur plumes, disparaît”. 4. Elles gagnent les hauteurs, afin de mieux voir les terres vers lesquelles elles se dirigent. 5. Celle qui mène le groupe encourage les autres par la voix, et lorsqu'elle est rauque, une autre la remplace. 6. La nuit elles divisent les tours de garde, et se relayent en ordre pour veiller, en

(8) On ne procédera pas ici à une présentation du genre et de ses représentants, ceci faisant l'objet de la contribution d'Isabelle Draelants dans ce même volume. Renvoyons seulement, à titre d'orientation bibliographique, à trois ouvrages collectifs sur le genre : *La pensée encyclopédique au moyen âge, L'encyclopédisme* et *L'enciclopedismo medievale*.

(9) Ed. W. M. LINDSAY.

(10) Une étude fondamentale : J. FONTAINE, *Isidore de Séville.* Dans notre traduction, ainsi que dans celles qui figurent en annexe, nous numérotons les paragraphes, afin de pouvoir y renvoyer aisément dans l'analyse.

> tenant des pierres dans les doigts suspendus [de la patte levée], de façon à chasser le sommeil, et elles indiquent par leur voix si un danger se presente. 7. L'âge change leur couleur, car elles noircissent en vieillissant (*Etymologiae*, XII.7.14).

Comme le laisse prévoir le titre de l'ouvrage, l'étymologie est le point de départ de la notice : *grues nomen de propria voce sumpserunt : tali enim sono susurrant*. Le cri de la grue, un «gru» très sonore et puissant que les oiseaux lancent à intervalles rapprochés en vol, voire à terre, se perçoit à grande distance. Dans le cas de la grue, l'origine onomatopéique du nom de l'oiseau est retenue par les lexicographes modernes (11). Bien souvent cependant, les explications d'Isidore prêtent le flanc à la critique. Elles procèdent volontiers par rapprochements entre formes de mots analogues, indépendamment de leur histoire. Souvent aussi, Isidore décompose les mots en syllabes motivées individuellement, comme dans le cas de *vipera*, expliqué par *vi*, «force» et *parere*, «mettre au monde» (12), conformément au trait de comportement qui survivra dans les bestiaires : depuis l'Antiquité, la vipère était censée mettre au monde des petits qui déchiraient le ventre de leur mère, causant ainsi sa mort. Dérivé sans doute de l'observation que la vipère est vivipare (13), le trait est forcé dans l'explication, mais fournit un utile rappel mnémotechnique. Que la connaissance du mot ait souvent été au moyen âge l'approche la plus immédiate dans le discours sur le monde animal trouvait une justification dans le récit de la Genèse : c'était en quelque sorte rejoindre l'intuition première qui avait guidé Adam, alors qu'il donnait leur nom aux animaux (Gn, 2, 19).

La notice d'Isidore concerne ensuite principalement deux aspects du comportement des grues : le mode de vol ordonné et les précautions pendant les haltes nocturnes. Le vol en formation est effectivement la caractéristique la plus marquante : même pour un bref déplacement, les grues adoptent une disposition en un grand «V», ou en un «L» de forme variable quand le groupe est peu nombreux. C'est un spectacle impressionnant que ces échassiers au vol puissant, progressant à grands cris. En admirateur des lettres classiques, Isidore joint une citation de Lucain (3), peu explicite dans sa brièveté : *Et turbata perit dispersa littera pinnis*. Elle provient de la *Pharsale*, récit de la Guerre Civile entre César et Pompée rédigé du temps de Néron. Voici le passage où le poète compare aux grues une escadre de navires qui, à la

(11) *Dictionnaire historique de la langue française*, p. 925.

(12) *Etymologiae*, XII, 4.10 : *vipera dicta, quod vi pariat.*

(13) W. GEORGE & B. YAPP, *The naming of the beasts*, p. 198.

tombée de la nuit, perd sa belle ordonnance de navigation : «Ainsi, quand, chassées par l'hiver, les grues abandonnent le Strymon glacé pour te boire, ô Nil, elles forment dans leur premier vol des figures variées au gré du hasard. Bientôt, quand le notus (vent du midi) plus fort a frappé leurs ailes, mêlées et sans ordre, elles se resserrent en cercles informes *et la lettre qu'elles tracent, brouillée par la dispersion de leurs plumes, disparaît*» (14). Extraite d'une longue comparaison homérique, la phrase finale retenue par Isidore n'est guère compréhensible. D'où la tenait-il ? Sans doute de l'un ou l'autre florilège de poètes classiques, comme c'est souvent le cas dans les *Étymologies*. Reste que sa présence donne un vernis de haute culture à la notice sur la grue. Isidore reparle ensuite du cri des grues, lancé avec fréquence pendant le vol (4-5), puis passe à ce qui sera le trait le plus emblématique de l'oiseau dans les textes médiévaux : la vigilance des grues posées à terre, et le fait que les sentinelles tiennent une pierre dans la patte levée afin de ne pas s'endormir (6). Il y a ici mélange de réel et de fiction. Le réel, c'est la grande circonspection des groupes de grues posées à terre : qu'elles se nourrissent ou qu'elles dorment, il y en a toujours tantôt l'une, tantôt l'autre, qui lève la tête, si bien qu'il est fort difficile de les approcher sans qu'elles soient alertées et prennent la fuite. La fiction, c'est le détail de la pierre tenue dans la patte levée, qu'un lecteur non averti aura tôt fait de mettre au crédit de l'imagination affabulatrice des médiévaux. En réalité, la source en est antique : on lit ce trait chez Pline l'Ancien (15). Peut-être le fait que la grue, au repos, tienne une patte levée et fermée, aura-t-il suggéré à Pline ou à un de ses informateurs qu'elles y tenaient quelque objet. Il reste que cette croyance donnera naissance à des interprétations moralisantes qui auront une fortune durable (16). Le dernier trait relevé par l'encyclopédiste concerne le plumage de l'oiseau, qui est dit noircir avec l'âge (7). C'est le seul point descriptif, et il est également livresque : il est sans doute emprunté à Solin ou à Pline (17), ce dernier le tenant pour sa part d'Aristote (18). Il ne semble cependant pas se produire une telle évolution dans le plumage des grues. Tout au plus y a-t-il un changement de livrée chez les exemplaires immatures, qui sont de couleur brunâtre et acquièrent le plumage adulte gris au terme de la première mue, après un an ; par la suite cependant, le plumage garde sa tonalité grise.

(14) LUCAIN, *La guerre civile,* V, 716 (en italiques, le vers retenu par Isidore).

(15) PLINE L'ANCIEN, *Histoire naturelle,* X, 59 : *Excubias habent nocturnis temporibus lapillum pede sustinentes, qui laxatus somno et decidens indiligentiam coarguat*.

(16) Voir l'analyse du texte de Hugues de Fouilloy, ci-dessous.

(17) PLINE L'ANCIEN, *Histoire naturelle,* X, 80. Pour les données antiques, voir F. CAPPONI, *Ornithologia latina*, pp. 279-286.

(18) ARISTOTE, *Histoire des animaux*, 519 a 1.

À travers la brève notice des *Étymologies* apparaissent divers caractères de la description animalière telle que la pratiqueront les encyclopédistes médiévaux : primauté de l'explication étymologique, importance des sources antiques, place limitée de la description proprement dite, au profit des traits de comportement. Chez plusieurs successeurs d'Isidore, tels Raban Maur au IXe siècle, puis au XIIe siècle Lambert de Saint-Omer, et au XIIIe siècle Thomas de Cantimpré, Barthélemy l'Anglais et Vincent de Beauvais, les informations d'Isidore seront systématiquement reprises. Elles s'enrichiront d'apports variés : moralisations chez Raban Maur, multiples traits de comportement et croyances chez les autres. Les encyclopédistes pratiquent en effet de plus en plus la compilation cumulative : ils rassemblent les extraits pris à des sources diverses, juxtaposant les types d'informations.

Au XIIIe siècle, période d'apogée du genre encyclopédique médiéval, l'auteur le plus prolixe est le dominicain Vincent de Beauvais. Il a composé entre les années 1230 et 1260 le vaste *Speculum maius*, en plusieurs phases de rédaction. Ce «Grand miroir» est constitué de trois parties, le *Speculum naturale* relatif à la nature, le *Speculum doctrinale* relatif aux sciences, et le *Speculum historiale* qui dresse un tableau de l'histoire sacrée et profane. Un *Speculum morale*, prévu mais non réalisé par l'auteur, fut achevé après sa mort pour former ainsi une quadruple encyclopédie, sommet quantitatif du genre [19]. Tout à l'opposé d'Isidore qui, avec un souci de sélection et de synthèse, engrangeait le trésor du savoir des Anciens en un volume réduit, préservant ainsi une manière de culture de base pour les générations futures, Vincent travaille par grands ensembles. En cette première moitié du XIIIe siècle, le savoir s'est multiplié en l'espace de quelques décennies, des questions se posent quant à la légitimité des sciences profanes, les connaissances demandent une remise en ordre générale. Le *Speculum maius* en voudra être le lieu, en un projet immense et sans cesse retravaillé, non sans apports extérieurs : Vincent est aidé par des frères de son ordre, et à Paris il a accès aux meilleures bibliothèques de son temps. Le *Speculum naturale* ou «Miroir de la nature», reflète dans sa structure d'ensemble le récit de la Création, l'œuvre des Six jours. Parmi ses 32 livres, le seizième décrit les oiseaux, en une succession de notices suivant l'ordre alphabétique des noms d'espèces. Pour la grue, l'information est répartie en trois chapitres : 91. *De grue* ; 93. *De gruum volatu et peregrinatione* ; 94. *De eodem*. On en trouvera en annexe la traduction, divisée en paragraphes pour la commodité de l'analyse.

(19) Un état de la question récent : M. PAULMIER-FOUCART et S. LUSIGNAN, *Vincent de Beauvais*.

En compilateur consciencieux, Vincent de Beauvais donne des références de sources. On y découvre une palette d'écrits, les uns traditionnels, les autres nouveaux pour l'époque. Parmi les premiers, Isidore, Pline, Ambroise et Solin constituent les sources les plus coutumières des encyclopédistes pour le règne animal. Parmi les seconds, on note Aristote : son *Histoire des animaux* avait été rendue accessible aux Latins deux décennies avant le début des travaux de Vincent, par la traduction de Michel Scot réalisée à Tolède vers 1220. Plus nouveau encore est le *Liber de natura rerum*, cité deux fois : il s'agit de l'encyclopédie de Thomas de Cantimpré, pratiquement contemporaine de la mise en chantier du *Speculum maius*. Il a été démontré récemment que Vincent a utilisé ce texte dans une phase de remaniement de son *Speculum naturale*, entre 1246 et 1256-59, lorsqu'il passa du projet initial de deux *Specula naturale* et *historiale* à un projet en trois *Specula* (*naturale*, *historiale* et *doctrinale*) [20]. L'encyclopédie de Vincent est donc ouverte aux sources nouvelles, mais on note qu'il ne s'en suit aucune reprise critique ou synthétique des données traditionnelles. Aristote, auquel reviendrait à nos yeux la première position parmi les noms cités, est traité comme une source parmi d'autres, et ses extraits se juxtaposent à ceux de Pline, Solin ou Isidore. Comme ceux-ci ont souvent repris des données plus anciennes, remontant entre autres à Aristote, il en résulte chez Vincent une notice truffée de redites: ainsi, le fait que les grues ont un «chef» lorsqu'elles sont en groupe est expliqué en 7, 18, 36 et 42, et les veilles nocturnes sont énoncées en 7 d'après Aristote, en 20 d'après Isidore, en 26-28 d'après Ambroise, en 35 d'après Solin, et en 44 d'après Aristote à travers Thomas de Cantimpré. Une source plus récente ou plus complète ne se substitue pas aux précédentes : rien ne s'avère périmé dans cette compilation cumulative, qui prend l'allure d'un vaste fichier d'extraits ordonnés de façon systématique.

Qu'en est-il des informations sélectionnées par Vincent ? En premier lieu, l'encyclopédiste part de l'étymologie, reprenant les données d'Isidore (1). À parcourir les trois chapitres, on constate que la description proprement dite est virtuellement absente : y ressortissent les passages où est notée la noirceur progressive du plumage (3 et 9), et celui où Aristote parle de la crête qu'ont sur la tête les grues (4) –ceci est relatif à la petite espèce nord-Africaine dénommée Demoiselle de Numidie (*Anthropoides virgo*). On n'apprend rien de la taille ou des longues pattes, des couleurs du cou et de la tête, ou encore de la silhouette de vol si caractéristique. En revanche, ce qui domine le panorama des extraits, ce sont les traits de comportement, répétés le cas échéant d'après des sources multiples. Comportement social

(20) Voir B. ROY, *La trente-sixième main*.

de ces oiseaux grégaires, qui a fasciné les Anciens ; comportement en migration et façon de voler. Y trouvent place les *mirabilia* dont était friand l'auteur antique Solin, qui fit au troisième siècle de notre ère une «Collecte des choses dignes d'être retenues», glanées principalement chez Pline l'Ancien : ses *Collectanea rerum memorabilium* furent beaucoup lus au moyen âge, et trouvent tout naturellement place dans le travail de Vincent [21]. Ainsi, c'est à Solin que l'encyclopédiste reprend l'étonnant récit du sable ingurgité par les grues à titre de ballast, ou celui des pierres tenues dans les pattes durant le vol (31-34). La curieuse croyance en une bataille rangée entre les grues et les pygmées en Égypte (41) est reprise à Aristote, de façon directe ou indirecte [22]. Le motif n'est pas rare dans l'iconographie médiévale.



Illustration n°2.
Combat des grues et des pygmées.
Illustration d'une encyclopédie, l'*Elucidari*,
dans un ms. réalisé pour le comte de Foix Gaston Phébus.
(Collection Bibliothèque Sainte-Geneviève,
Paris, Ms. 1029, folio 256 v°).

(21) SOLINUS, *Collectanea rerum memorabilium*.
(22) ARISTOTE, *Histoire des animaux*, 597a.

Peu d'informations d'ordre pratique trouvent place dans les notices de Vincent : l'un ou l'autre point de diététique (13) ou de médecine (14-15), ainsi qu'une croyance alchimique (47). En revanche, l'activité qui, au milieu du XIIIe siècle, devait le plus directement donner à l'homme l'occasion de s'intéresser aux grues, c'est-à-dire la chasse, n'est pas évoquée : on prenait des grues avec l'aide de faucons, aux pièges ou au tir à l'arc, voire à l'arbalète. Tout au plus Vincent reprend-il à Thomas de Cantimpré l'information que l'on peut les capturer à l'aide de grues domestiques (13) –on aimerait apprendre comment. Les traités de chasse, évoqués ci-dessous, seront plus prolixes, mais ils restent peu exploités par les encyclopédistes, à de rares exceptions près [23]. En somme, lorsqu'il s'agit d'animaux, c'est une collecte de citations que nous présente Vincent de Beauvais, issues de sources anciennes aussi bien que d'apports scientifiques récents, mais non harmonisées. Par son côté systématique et sa taille, le *Speculum naturale* illustre avec netteté quelques tendances qui sont à l'œuvre dans le genre encyclopédique médiéval et, par delà, dans la littérature didactique sur les animaux.

II. La littérature allégorique

L'attitude médiévale la moins familière à l'homme d'aujourd'hui est la lecture allégorique de la nature : une plante, un animal, voire toute autre réalité naturelle, y acquiert un *sensus spiritualis*, une signification seconde que les auteurs français appelleront *senefiance*. Tout comme les récits de la Bible étaient susceptibles d'être interprétés à divers niveaux, dans la mesure où l'on était attentif au sens littéral (*littera* ou *historia*), aux rapports entre Ancien et Nouveau Testament (*allegoria* au sens strict), à la portée morale des récits (*tropologia*) ou à leur sens pour le salut de l'âme (*anagogia*), les réalités de la nature pouvaient s'accorder aux «quatre sens de l'Écriture» [24]. Le moyen âge a particulièrement cultivé la conception allégorique du monde, prenant appui sur des exemples bibliques et patristiques, et des genres littéraires *sui generis* en ont répandu l'usage. On pense aux lexiques allégoriques telle la *Clavis*, composée au XIIe siècle mais faussement attribuée à l'évèque Méliton de Sardes, qui vivait au IIe siècle [25]. Le genre le plus intéressant pour notre propos est celui des Bestiaires : il

(23) Voir notre article *Encyclopédies médiévales et savoir technique : Le cas des informations cynégétiques.*

(24) Citons l'étude fondatrice en ce domaine, par H. DE LUBAC, *Exégèse médiévale*. Sur les implications pour la lecture de la nature, voir F. OHLY, *Vom geistigen Sinn des Wortes*.

(25) Ed. J.B. PITRA.

s'agit de recueils de notices brèves consacrées à des animaux, réels ou imaginaires –et parfois quelques plantes et pierres– où la description est accompagnée d'un commentaire d'ordre religieux ou moral. Le genre trouve son origine dans l'Antiquité chrétienne d'Orient : le *Physiologus* grec, ouvrage anonyme dont le titre désigne «le naturaliste», à comprendre comme «celui qui connaît et interprète adéquatement la nature», fut composé vraisemblablement à Alexandrie au IIe siècle de notre ère. C'est un recueil modeste, d'une quarantaine de notices, mais son influence sera énorme, tant en Orient qu'en Occident. Il semble connu par les auteurs latins dès le Ve siècle, mais les premiers manuscrits conservés du *Physiologus* latin datent du VIIIe siècle. Dès le début coexistent plusieurs versions, car la tradition textuelle est fort instable quant au nombre et à la teneur des notices. On réserve habituellement le nom de «Bestiaire» aux versions plus tardives, à partir du XIe siècle, quand les notices intègrent des emprunts à d'autres sources, tel Isidore de Séville, et quand le texte ne concerne plus que les animaux. La démarcation est cependant sujette à discussion. Le genre se diversifie aux XIIe et XIIIe siècles, par l'inclusion de nombreuses nouvelles notices, par le recours fréquent à l'illustration, puis par le passage aux langues vulgaires : pour le domaine roman, les premières traductions datent du début du XIIe siècle [(26)].

Les versions latines du *Physiologus* ne considèrent pas la grue, et l'oiseau ne fera partie de la ménagerie allégorique des Bestiaires qu'à partir du XIIe siècle, par le détour d'un texte de nature fort proche, l'*Aviarium* de Hugues de Fouilloy. L'auteur, chanoine de Saint-Augustin, fut de 1132 à 1172 prieur à Saint-Nicolas-de-Regny puis à Saint-Laurent-au-Bois, localités proches d'Amiens. Il a laissé diverses œuvres didactiques et pastorales, qui furent fort répandues du XIIe au XIVe siècle du fait de leur attribution erronée à Hugues de Saint-Victor [(27)]. Comme l'indique son titre, l'*Aviarium* s'intéresse exclusivement aux oiseaux (*aves*) ; par ailleurs, la parenté entre les formules *bestiarium* et *aviarium* saute aux yeux. Le procédé y est effectivement similaire à celui des Bestiaires, mais l'information sur les oiseaux provient plutôt de la tradition encyclopédique : Isidore de Séville et Raban Maur ont fourni la plupart des descriptions. Après une long exposé de 37 chapitres sur les propriétés et le sens de la colombe, puis de l'autour, de la tourterelle et du passereau, 23 oiseaux y sont décrits et interprétés en des notices individuelles.

(26) Toujours utile comme vue d'ensemble : F. McCULLOCH, *Mediaeval Latin and French Bestiaries* ; à compléter par N. HENKEL, *Studien zum Physiologus*.

(27) La mise au point la plus récente figure dans la nouvelle édition de l'*Aviarium* : W.B. CLARK, *The medieval book of birds*.

Le chapitre sur les grues, également traduit ici en annexe, est instructif et détaillé. La partie descriptive (1 à 7) reproduit assez fidèlement la notice d'Isidore, exception faite de la citation de Lucain, éliminée ici. La lecture allégorique commence par un trait de morale générale : les grues fournissent un exemple de vie ordonnée (9). L'auteur réfléchit ensuite aux lettres formées par les oiseaux en vol, appliquant ceci à «ceux qui forment en eux-mêmes les enseignements des saintes Écritures» (11). Ceci rappelle la métaphore fort commentée du monde comme un vaste livre écrit du doigt de Dieu, *liber scriptus digito Dei*, image développée entre autres par Hugues de Saint-Victor dans son *De arca Noe morali* : «La création est l'œuvre de Dieu [...], une œuvre visible où est écrite de façon visible l'invisible sagesse du Créateur» [28]. Par leur formation de vol «lettrée», les grues constituent en quelque sorte une incitation directe à la lecture du livre de la création, afin de scruter la surface de son «miroir» en quête de leçons supérieures, selon une autre métaphore courante au moyen âge [29]. La moralisation de l'*Aviarium* passe ensuite à des thèmes plus circonstanciés : c'est le *prelatus*, le dignitaire ecclésiastique, qui doit prêcher d'exemple à ses ouailles (13, 15), comme le «chef» des grues guide et exhorte la troupe. Hugues de Fouilloy en arrive à une interprétation plus précise encore là où il compare les grues qui veillent la nuit à des frères accomplis qui prennent soin de la communauté (17). La leçon s'adresse ainsi au public premier de l'*Aviarium*, celui des communautés monastiques. Ne lit-on pas dans le prologue que c'est à la demande d'un frère convers, un certain Rainier, qu'a été entreprise l'œuvre ? [30] Ce Rainier, qui a quitté la condition de chevalier pour entrer au couvent, est présenté dans l'introduction sous les traits d'un *accipiter* ou «autour», oiseau rapace apprivoisé pour la chasse, assis à présent sur la même perche que la colombe, par laquelle Hugues se désigne lui-même. La suite de la moralisation expose longuement le sens du mode de veille des grues : elles tiennent une pierre dans la patte, ce qui est mis en rapport avec la pensée du Christ que les religieux doivent constamment garder à l'esprit (18-20). De la pierre au Christ : l'association a peut-être été suggérée par les paroles du Christ à Pierre, jouant sur le nom du disciple : «Tu es Pierre, et sur cette Pierre je bâtirai mon Église» (Mt 16,18). Assurément, le comportement de veille attribué à la grue a été le fondement de son sens

(28) Ed. dans MIGNE (J.P.), *Patrologiae latinae cursus completus*..., t. CLXXVI, col. 643. Le chef de file de l'École de Saint-Victor paraphrase ici les paroles de Saint Paul dans son Épître aux Romains (Rom, 1,21), qui invite à passer des choses visibles aux invisibles.

(29) On lit dans la première Épître aux Corinthiens de Saint Paul la phrase : *Videmus nunc per speculum in enigmate, tunc autem facie ad faciem* (I Cor, 13,12).

(30) HUGUES DE FOUILLOY, *The medieval book of birds : Hugh of Fouilloy's* Aviarium, pp. 116-120.

symbolique : la grue signifiera la vigilance pour les moralisateurs, et c'est à ce titre qu'elle pénètre dans l'iconographie médiévale, figurant sur de nombreux monuments ou objets [31].

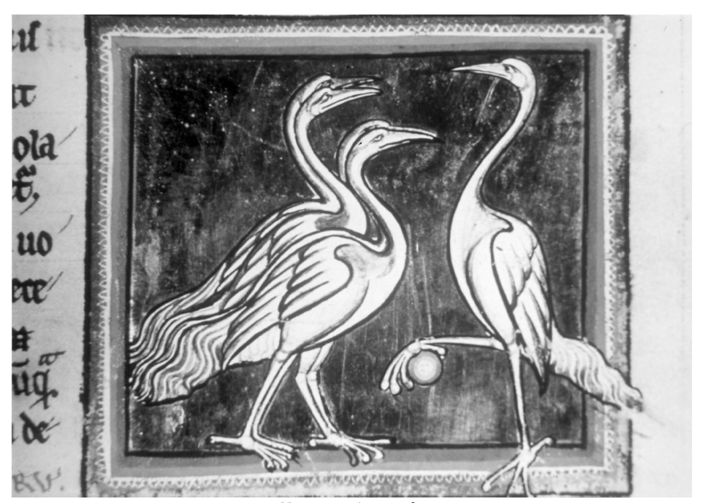


Illustration n°3.
Les grues vigilantes.
Illustration d'un Bestiaire anglais du XIIIe s.
Ms. Ashmole 1511, folio 97^{r} (détail) conservé à
The Bodleian Library (Oxford).

Déjà, certains illustrateurs de l'*Aviarium* avaient sélectionné le trait de la grue tenant dans sa patte levée une pierre, pour peindre les miniatures correspondant au texte [32]. Pour une meilleure compréhension par les *illiterati*, Hugues de Fouilloy avait en effet conçu son œuvre comme un texte illustré, les miniatures devant remplir le rôle d'une introduction au contenu [33]. C'est sans doute un des facteurs du succès du texte, conservé dans une soixantaine de manuscrits illustrés, plus une bonne cinquantaine de

(31) Par exemple, un relief du XIIIe siècle en médaillon sur le mur extérieur du croisillon sud de la cathédrale de Münster (Westphalie) représente le grand échassier avec une pierre dans la patte (l'original est déposé au Musée diocésain). Cette iconographie connaîtra une fortune durable : au XVIe siècle la grue de la vigilance figure dans les recueils d'*emblemata*, tel celui de Cesare Ripa.

(32) Un ex. reproduit chez W. GEORGE et B. YAPP, *The naming of the beasts*, p. 124.

(33) Sur le rôle de l'image comme un «livre pour les illettrés», formule souvent citée au moyen âge, à la suite de Grégoire le Grand, voir L. DUGGAN, *Was art really the «book of the illiterate» ?*

copies non illustrées [34]. L'*Aviarium* constitue ainsi un des textes les plus diffusés de la tradition des bestiaires [35].

On l'aura constaté, le *sensus spiritualis* de la grue est diversifié : tantôt l'oiseau est sujet d'une leçon de morale individuelle, tantôt d'un conseil relatif à la communauté monastique. Il n'y a pas un sens spirituel unique. Encore sa valeur symbolique est-elle relativement homogène, les traits de comportement étant interprétés de façon positive, *in bonam partem*. Il n'en va pas toujours de même : le paon est par moments emblème de la superbe, car il tire gloire de la roue multicolore qu'il déploie avec sa queue, mais ailleurs il symbolise la vie éternelle, car la chair du paon était dite non sujette à la corruption. Certains animaux sont tantôt symbole de Dieu, tantôt du diable, comme le lion. C'est que les animaux ont diverses propriétés, et que chacune d'elle est susceptible de connaître une destinée séparée sous la plume des moralisateurs. Ici aussi, Hugues de Saint-Victor le formule avec clarté : «Chaque chose peut être rapportée à d'autres par autant de significations, qu'elle a de propriétés visibles ou invisibles communes avec ces choses» [36].

La lecture allégorique de la nature, largement pratiquée, a contribué aussi à la fortune médiévale de genres littéraires fondés sur la fiction animalière, comme les fables ou le *Roman de Renart*. Sans doute, la fable ésopique –remontant aux modèles antiques attribués à Esope– est-elle d'origine antique, mais le moyen âge a particulièrement cultivé le genre [37]. Il n'en sera pas question ici, car le cas de la grue, que nous suivons à travers les textes, n'y fournit pas un dossier fort riche.

(34) Dans son édition pourvue d'une remarquable étude des manuscrits, W. CLARK, *The medieval book of birds*, mentionne 96 manuscrits de l'œuvre, auxquelles des recherches dans les catalogues et les bibliothèques européennes nous permettent d'ajouter une bonne vingtaine d'exemplaires.

(35) Il n'y a guère que le bref *Physiologus Theobaldi* qui ait été répandu en un nombre supérieur de copies. Fort diffusé également a été la version latine connue sous le nom de *Dicta Chrysostomi*.

(36) HUGUES DE SAINT-VICTOR, *De scripturis et scriptoribus sacris*, chap. 74, éd. dans MIGNE (J.P.), *Patrologiae latinae cursus completus*..., t. CLXXV, col. 20 : *Res autem quaelibet tam multiplex potest esse in significatione aliarum rerum, quot in se proprietates visibiles aut invisibiles habet communes aliis rebus.*

(37) On s'en convaincra à la consultation d'un monumental répertoire : G. DICKE et K. GRUBMÜLLER, *Die Fabeln*.

III. La littérature pratique : Chasse

Les textes médiévaux abordent également l'animal pour ses usages pratiques : médecine, nourriture, chasse. Vaste domaine littéraire que l'on a coutume de nommer la *Fachliteratur* en référence aux nombreux travaux d'érudition allemands [(38)], les textes de contenu pratique sont riches et diversifiés, mais peu fréquentés par les médiévistes. On y trouve les manuels de chasse, d'agronomie ou de cuisine, les textes alchimiques, les traités de médecine, etc. Le genre le plus pertinent pour notre sujet est celui des traités de chasse et, au sein de celui-ci, la tradition des traités de fauconnerie [(39)].

Le plus ancien traité occidental est un fragment conservé dans un manuscrit du Xe siècle en Italie [(40)]. On peut y associer un second, inédit, qui est le réceptaire de Grimaldus, dans un manuscrit du XIe siècle à Poitiers, mais qui fait référence à un contexte carolingien [(41)]. Ces deux textes, qui se limitent à donner des remèdes pour les maladies des oiseaux de chasse, sont fort isolés. Au XIIe siècle par contre, les traités se multiplient : il y en a huit, tous brefs et de contenu principalement thérapeutique. Certains textes se rattachent à la Sicile normande, d'autres à l'Angleterre, mais plusieurs ne sont pas localisables du tout. Le milieu du XIIIe siècle voit l'apogée du genre, avec quelques textes majeurs, en premier lieu l'immense *De arte venandi cum avibus* de l'empereur Frédéric II de Hohenstaufen, rédigé vers 1230-1245, qui domine la tradition par sa qualité, mais restera sans influence sur les textes postérieurs [(42)]. Toujours à la cour de Sicile, deux traités arabes, circulant sous les noms de Moamin et Ghatrif, sont traduits vers 1240 pour l'empereur [(43)]. Contemporain de Frédéric II, le dominicain Albert le Grand est l'auteur d'un très intéressant traité sur les faucons, inséré dans son *De animalibus*, qui se recommande par la description détaillée des espèces de faucons [(44)]. Les autres traités de fauconnerie latins du XIIIe et ceux du XIVe siècle –non moins de quatorze, et presque tous inédits– se répartissent en deux courants. D'une part des

(38) Orientation bibliographique : G. BERNT, *Fachliteratur*.

(39) Pour une présentation de la tradition, voir le chapite premier de notre publication *La fauconnerie au Moyen Âge*.

(40) Nous le nommons «Anonyme de Vercelli» d'après son lieu de conservation. Ed. B. BISCHOFF, *Die älteste europäische Falkenmedizin*.

(41) Poitiers, Bibl. Mun., 148.

(42) Ed. : C.A. WILLEMSEN.

(43) Le texte latin est inédit, mais une traduction franco-italienne a été éditée par H. TJERNELD, *Moamin*.

(44) Ed.: H. STADLER.

textes originaux en tout ou en partie, qui s'intéressent de façon accrue aux questions cynégétiques ; ils sont tous rédigés en Italie, comme le très original *Liber avium viventium de rapina* d'Egidius de Aquino. D'autre part, des compilations, réalisées à partir des petits réceptaires du XIIe siècle. Aux XIIIe et XIVe siècles, les traités latins ne sont plus seuls. On commence à traduire des textes de fauconnerie en langue vernaculaire, on en fait des *compendia*, et bientôt une tradition cynégétique propre se développe dans les principales langues européennes (45).

Bien que la tradition des traités de chasse soit fort livresque à l'époque médiévale, les auteurs procédant volontiers par compilation et copie, certains textes sortent du lot. C'est le cas en particulier du *De arte venandi cum avibus*, *«L'art de chasser avec des oiseaux»*, de Frédéric II de Hohenstaufen (1194-1250). En six livres, le traité offre en premier lieu une sorte d'ornithologie générale (livre I), puis des indications sur l'affaitage –c'est ainsi que les fauconniers nomment le dressage– des faucons (livres II et III), enfin un manuel de chasse aux grues (IV), aux hérons (V) et aux canards (VI), à l'aide respectivement des faucons gerfaut, sacre et pèlerin. Parmi les textes médiévaux sur les animaux, c'est dans le *De arte venandi* que l'on rencontre les descriptions d'oiseaux les plus originales et réalistes. Conformément à son intention, affirmée non sans conscience de soi, de «décrire les choses qui sont, telles qu'elles sont», Frédéric II a rédigé une ornithologie fort développée au livre I. C'est en quelque sorte un pendant, pour le monde des oiseaux, du *De animalibus* d'Aristote : le ton et la manière sont fort proches de l'histoire naturelle du grand philosophe antique, dont les écrits venaient d'être traduits en latin ; mais la matière est propre à Frédéric II, car Aristote s'était relativement peu préoccupé de donner une description détaillée du monde des oiseaux. Du reste, Frédéric II corrige par endroits des affirmations d'Aristote qu'il sait erronées –tout en reconnaissant par ailleurs sa large dette (46). Ceci résulte en un travail résolument novateur, comme en témoignent les quelques extraits traduits en annexe.

(45) Pour les textes de l'aire romane, diverses éditions très complètes ont été procurées par le romaniste suédois Gunnar Tilander dans la collection *Cynegetica* (1953 à 1975), ainsi que par ses élèves, dans les *Studia Romanica Holmiensia*. Pour les textes allemands, voir les éditions par K. Lindner dans la série *Quellen und Studien zur Geschichte der Jagd*.

(46) Pour l'abondante littérature relative à Frédéric II, cf. C.A. WILLEMSEN, *Bibliographie*. En ces temps de commémoration du VIIIe centenaire de la naissance de Frédéric II (26.12.1194), de nombreux colloques se déroulent en Italie, si bien qu'une importante vague de publications est à prévoir dans les toutes prochaines années. Signalons un volume sorti de presse à ce jour : le n°2 de la revue *Micrologus* (1994) est consacré au thème *Science at the court of Frederick II*. Un état de la question sur le *De arte venandi* figure dans notre article *Il «De arte venandi»*.

Le premier extrait décrit l'ordonnance de migration des oiseaux, avec une attention particulière pour celle des grues (4-5). L'empereur observe le changement d'oiseau à la tête de la formation de vol, et conclut, contre Aristote, qu'il n'y a donc pas un guide unique pour la troupe de grues (6). Ce regard critique sur les écrits d'Aristote est à signaler, en cette première moitié du XIII[e] siècle, qui est une période de redécouverte enthousiaste de l'œuvre du Stagirite. L'évocation du vol des oiseaux est d'une remarquable précision, et va bien au-delà d'une description fonctionnelle, qui reprendrait seulement ce qui serait utile au chasseur.

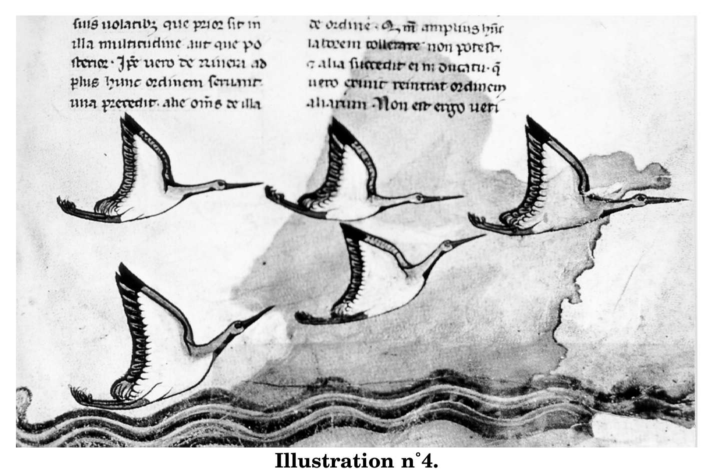


Illustration n°4.
Le vol des grues, dans les enluminures marginales du *De arte venandi cum avibus* copié pour Manfred, fils de Frédéric II.
Ms. Vatican, B.A.V., Pal. lat. 1071, f°16.
L'attitude de vol est bien rendue, sauf pour le bout des ailes, qui devrait être large et non pointu.

Il y a dans tout ce premier livre un regard analytique sur le monde des oiseaux qui correspond à un mode d'exposition clairement annoncé dans le prologue : le propos est *partim divisivus*, *partim descriptivus, partim convenientiarum et differentiarum assignativus, partim causarum inquisitivus*. Il s'agit de diviser, décrire, comparer et chercher les causes. La dernière motivation est importante : ainsi, l'empereur explique le changement d'oiseau de tête dans le groupe des grues (5). Sans doute Frédéric II n'était-il pas le premier à observer ce changement de guide : nous avons vu que le trait se trouve déjà dans la notice d'Isidore, et est moralisé par Hugues de Fouilloy. L'important est que l'empereur ait rectifié en ce point les dires d'Aristote, et ait cherché les causes du phénomène. Passons au second

extrait du *De arte venandi cum avibus*, sur la diversité des grues. Frédéric II connaît les deux variétés de grues présentes en Europe occidentale : les grues plus petites décrites avec tant de souci du détail sont les Demoiselles de Numidie (*Anthropoides virgo*). Sa description pourrait quasiment figurer dans un guide des oiseaux actuel. Quant à la troisième espèce de grue évoquée par l'empereur, il s'agit de la rare et exotique Grue nonne (*Grus leucogeranus*).

Par rapport aux encyclopédies et aux bestiaires, l'optique de Frédéric II est fort différente : il y a assurément dans son traité un souci descriptif qui en fait un des textes les plus «réalistes» de la littérature médiévale sur les animaux. Il faut cependant se garder d'en généraliser la portée : le *De arte venandi* n'est en aucune manière représentatif pour la tendance de fond de la littérature cynégétique médiévale. Les traités de fauconnerie sont plutôt orientés vers les questions thérapeutiques, du moins dans la tradition latine ; les traités français ou espagnols se montreront plus attentifs aux aspects descriptifs et techniques du «métier» des oiseaux.

D'autres branches de la *Fachliteratur* intéressent l'animal et son usage : on pense aux textes de médecine, car la pharmacopée médiévale faisait un usage important de produits d'origine animale pour composer des remèdes. Il existe une petite tradition textuelle de *Medicinae ex animalibus*, à commencer par le traité que publia sous ce titre le médecin antique Sextus Placitus Papyriensis, entre le Ier et le IVe siècle de notre ère [47]. L'information y est cependant généralement fort succincte, si bien que cette tradition à peu à apporter à notre dossier. Il faudrait faire état aussi d'un autre domaine, celui de l'iconographie : les miniaturistes se sont souvent montrés de fins observateurs du monde animal. C'est un des prolongements possibles de cette brève enquête qui se sera limitée à quelques textes, pour en montrer les mécanismes d'écriture et en souligner la richesse.

* * *

Les textes médiévaux sur les animaux présentent un éventail diversifié, car des préoccupations divergentes y sont à l'œuvre. S'agit-il de littérature didactique, on a affaire à des collections d'extraits où domine le souci d'un inventaire des connaissances. Les encyclopédistes présentent l'animal en insistant sur son comportement et ses «propriétés», souvent d'origine antique. Rarement ils offrent à son sujet une information que l'on qualifierait de personnelle, et le souci de vérification ou de réalisme n'entre guère en jeu. Le *Physiologus* et les bestiaires, préoccupés par la découverte du second

(47) Ed. E. HOWALD et E. SIGERIST.

langage des animaux, ont en quelque sorte un réalisme propre : la réalité qui est déterminante pour la connaissance d'un animal, c'est bien plus son sens spirituel que ses qualités et caractéristiques sensibles. La nature est mise en perspective, au sens propre, et chaque réalité naturelle devient objet de méditation. Quant à la littérature pratique, elle semble, à travers l'exemple choisi, plus proche de notre conception de réalisme. Chez Frédéric II plus qu'ailleurs, l'animal est saisi dans son milieu naturel, les descriptions sont détaillées, le comportement des gibiers est observé avec une grande précision. Très peu d'auteurs médiévaux feront passer dans leurs écrits cette proximité de la nature, et aucun n'aura une attitude d'indépendance comparable.

Annexes

I. Vincent de Beauvais, *Speculum naturale*

Chap. XCI : *De la grue*

1. *Isidore*. Les grues reçurent leur nom de leur voix : c'est en effet ce son qu'elles émettent. 2. Lorsqu'elles volent, elles se suivent l'une l'autre, en un vol ordonné comme une lettre, d'où Lucain écrit : *Et turba perit dispersis littera pennis*. 3. L'âge change leur couleur, car elles noircissent en vieillissant. 4. *Aristote*. La nature a donné aux grues une crète flexible, sur le milieu de la tête en partant du bec. 5. Les grues ont un roi, et lui obéissent. 6. La grue dort avec la tête reposée sous les ailes, et en se tenant sur un pied. 7. Elles ont cependant un chef, qui veille la tête levée, tandis que les autres dorment avec la tête sous les ailes. 8. Les grues se battent entre elles, si bien qu'à ce moment on peut les capturer. 9. Chez les grues la couleur des plumes est grise lors de la jeunesse, et elle noircit avec l'âge. 10. *Pline, livre 8* : Les grues et les oiseaux similaires se soignent à l'aide du jonc des marais. 11. *Le même, au livre 18* : En Méditerranée, lorsqu'elles se dépèchent, les grues annoncent la tempête, mais quand elles volent haut et en silence, c'est signe de temps serein. 12. *Le même au livre 30* : La graisse de grue soigne efficacement les tumeurs dans leur stade initial, et d'autres choses qui ont besoin d'être ramollies. 12. *L'auteur* : On lit ailleurs que la grue fuit quand elle voit une chauve-souris. 13. *Du Livre de la nature des choses* : Par des grues domestiques on capture d'autres grues, et elles ont la chair plus lourde que les autres oiseaux. Dès lors, avant de la consommer il faut laisser reposer la grue pendant un jour en été, et deux jours en hiver, afin que sa chair devienne plus digeste et plus tendre. 14. *Razi* : La chair de grue est grasse, et elle est lente à être digérée, et génère un sang mélancolique. 15. *Hali* : Le fiel de grue réchauffé, s'il est coulé par un fin conduit dans les narines, est utile contre la paralysie, et cause une agitation.

Chap. XCII : *Du vol des grues et de leur migration*

17. *Isidore* : Les grues gagnent les hauteurs, afin de voir mieux les terres vers lesquelles elles se dirigent. 18. Celle qui mène le groupe encourage les autres par la voix, et lorsqu'elle est rauque, une autre la remplace. 20. La nuit elles divisent les tours de garde, et se relayent en ordre pour veiller, en tenant des pierres

dans les doigts suspendus [de la patte levée] ; ainsi elles chassent le sommeil, et elles indiquent par leur voix si un danger se presente. 21. *Aristote*. Les grues abandonnent leurs quartiers après l'équinoxe d'automne, afin de fuir l'hiver, et après celui du printemps elles retournent. 22. Il y en a une d'entre elles qui crie la nuit ; quand ils l'entendent, les chasseurs savent qu'elles ne resteront pas sur place. 23. Quand les grues s'en vont en Méditerranée, c'est une présage de tempête. 24. Lorsqu'elles migrent vers d'autres lieux, elles montent d'abord très haut, pour considérer la qualité des airs dans la direction où elles se dirigent. 25. *Ambroise au livre 5* : Les grues aiment changer souvent de lieux. 26. Tu apercevras des guetteurs disposés parmi elles quand elles sont posées ; pendant que les autres se reposent, celles-ci vont et viennent, et regardent s'il ne se prépare pas quelque embuscade. 27. Une fois passé le tour de garde, celle qui tenait cet office se dispose à dormir après avoir poussé un cri, afin d'éveiller celle qui devra prendre sa place ; celle-ci prend son office sans mauvaise humeur, mais spontanément et de façon alerte, une fois le sommeil surmonté. 28. Et si elle voit quelque chose de dangereux, elle l'indique aux autres par son cri. 29. Elles gardent également cet ordre en vol, et s'allègent la fatigue par cette modération : elles échangent l'office de la conduite à tour de rôle, car l'une précède pendant un temps limité, puis s'en va et laisse à la suivante la charge de conduire la troupe. 30. *Solin* : Il est connu que dans les terres du nord, les grues s'assemblent très nombreuses en hiver, et migrent en une formation quasi militaire. 31. Afin de ne pas être freinées, dans leur migration, par la force du vent, elles ingurgitent du sable et prennent de petites pierres pour changer leur poids (?), car elles sont angoissées de devoir traverser la mer. 32. Lorsqu'elles se savent arrivées à la moitié de la traversée, elles libèrent les charges qu'elles tiennent dans les pieds. 33. C'est ainsi que des marins ont raconté qu'ils ont été assaillis par une pluie de pierres. 34. Le sable, elles ne le régurgitent pas avant d'être certaines de leur arrivée. 34. Il règne parmi elles un souci unanime pour celles qui sont fatiguées : lorsqu'il y en a une qui abandonne, les autres se rassemblent et soutiennent leur congénère, jusqu'à ce qu'elle ait récupéré ses forces. 35. À terre elles ne sont pas moins alertes : elles se divisent des tours de garde, afin que la dixième soit réveillée ; les gardes prennent de petits poids dans les pattes, dont l'éventuelle chute chasse le sommeil.

Chap. XCIII : *Du même sujet*

36. *Du livre de la nature des choses*. En vol, les grues s'opposent au vent, et celle qui est sûre du vol guide la formation ; tantôt elle est première, tantôt elle passe sans rancoeur à l'arrière. 37.

Toutes volent ensemble en une sorte de formation militaire. 38. Une fois qu'elles se sentent arrivées au milieu de la mer, comme elles libèrent les charges qu'elles tiennent dans les pieds, cela explique que parfois des marins ont cru être assaillis par des pluies de pierres. 39. Les grues volent parfois jusqu'aux extrémités de la terre, afin de trouver une terre adaptée à leur complexion. 40. Toujours elles s'opposent au vent en vol. 41. Aristote dit qu'elles viennent en hiver aux rivages nordiques au-delà de l'Égypte, et qu'elles y sont attendues par les hommes Pygmées, c'est-à-dire de la grandeur d'une coudée, qui se battent contre elles. 42. Les combats de grues sont si forts et tenaces, qu'il est possible de les prendre à la main. 43. Quand elles aperçoivent des nuages de pluie, elles crient pour inciter le chef à accélérer le vol. 44. Lorsqu'elles descendent à terre pour manger, leur chef érige la tête pour veiller sur le groupe, tandis que les autres s'occupent de manger en sécurité. 45. Quand les grues dorment, elles se tiennent sur un pied puis sur l'autre. 46. On dit aussi que lorsqu'elles retournent, après l'hiver, des monts orientaux, elles avalent la pierre *auricalca*, et la régurgitent après avoir traversé les mers. 47. Ceux qui en ont fait l'expérience disent que cette pierre régurgitée par les grues se change en or au moyen du feu.

II. Hugues de Fouilloy, *Aviarium*

Chap. 44 : *De la grue*

1. Quand les grues volent, elles se suivent en un ordre en forme de lettre. 2. Elles tendent vers le haut, de façon à voir mieux les terres vers lesquelles elles volent. 3. Celle qui mène le groupe encourage les autres de sa voix. 4. Mais quand elle devient rauque, une autre prend sa place. 5. De nuit, elles divisent les tours de garde, et se relaient dans l'ordre des veilles, en tenant des cailloux dans la patte qu'elles tiennent levée afin d'écarter le sommeil. 6. Un cri leur indique qu'elles doivent être sur leur garde. 7. La couleur est signe de leur âge, car elles noircissent en vieillissant.

8. Quand les grues volent d'un lieu en un autre, elles observent un ordre de vol. 9. Elles signifient ceux qui s'appliquent à vivre de façon ordonnée. 10. Quand elles volent, elles forment entre elles des lettres : 11. elles désignent ceux qui, en vivant bien, forment en eux-mêmes les enseignements des saintes Ecritures. 12. Une d'elles précède les autres, et elle ne cesse de crier, 13. car un prélat, qui occupe le premier lieu dans la charge des âmes, doit guider ses disciples par ses moeurs et sa vie, tout en proclamant

toujours la voie des bonnes œuvres dans sa prédication. 14. Quand l'oiseau qui guide les autres est enroué, un autre prend sa place, 15. car si un prélat ne prêche pas la parole de Dieu à ceux dont il a la charge, ou ne peut le faire parce qu'il est enroué, il est nécessaire qu'un autre prenne sa place.

16. Si la nuit vient, celle qui guide cherche un lieu paisible en atterrissant avec les autres. Alors, pour se protéger elles désignent immédiatement entre elles des gardes, de façon à ce que les autres puissent jouir du sommeil en sécurité. 17. Par les gardes nous pouvons comprendre les frères accomplis qui, par souci de la communauté, prennent pour leurs frères des précautions contre les choses du siècle, et s'occupent de chacun d'eux dans l'esprit. Le mieux possible ils veillent au service des autres, de façon à repousser avec prévoyance les attaques des démons et l'intrusion des choses du siècle. 18. Les grues qui sont choisies pour veiller à la place des autres tiennent une petite pierre dans la patte qu'elles tiennent levée, de sorte que, si l'une d'elles s'endort, la pierre echappe du pied et tombe. 19 Si elle tombe, l'oiseau éveillé crie. 20 La pierre, c'est le Christ, le pied, l'état d'esprit. Tout comme quelqu'un avance sur ses pieds, ainsi l'esprit se dirige par ses dispositions, comme sur des pieds, vers ce qu'il désire. Si quelqu'un veut dès lors veiller sur soi-même et ses frères, qu'il garde une pierre dans son pied, c'est à dire qu'il ait à l'esprit le Christ. Et qu'il reste bien sur ses gardes, de peur que dans un sommeil coupable, la pierre tombe de ses pieds, soit que le Christ quitte l'esprit. 21. Mais s'Il tombait, que le frère s'écrie par la confession, de façon à réveiller les dormeurs, soit ses frères ; qu'il les exhorte à la vigilance et à la circonspection, tant pour lui que pour leurs propres excès.

22. La couleur montre l'âge, car les oiseaux noircissent quand ils sont vieux. 23. Cette couleur est appropriée au vieil homme, quand, en pleurs, il se lamente sur ses péchés. Car le vieillard qui se remémore ses mauvaises actions change effectivement de teint. Son appétit des plaisirs passés se change en la douleur de la contrition.

24. Observe comment la vie des religieux peut être instruite par la nature des oiseaux.

III. Frédéric II de Hohenstaufen, *De arte venandi cum avibus*

Ordonnance de la migration (Livre I)

1. Dans leur migration, les oiseaux respectent un certain ordre. Les oiseaux dits de rivière ne volent pas dans la confusion et le désordre, comme le font les oiseaux terrestres. En vol, les oiseaux terrestres ne veillent pas à ce qu'il y ait un premier ou un dernier à leur multitude. 2. Mais les oiseaux de rivière observent en général l'ordre suivant. L'un précède, tous les autres suivent en une double série, l'une à droite, l'autre à gauche, et parfois il y en a plus dans une série que dans l'autre ; ce faisant, ils se disposent à la manière de deux lignes qui se rejoignent en un angle ; parfois ils volent en une seule ligne. 3. Ils suivent cet ordre non seulement en partant et en revenant du lointain, mais aussi quand ils vont se nourrir et en retournent, comme on l'a dit. 4. Surtout quand il s'agit de grues, il y en a toujours une qui précède, non pas parce qu'elle connaîtrait seule leur destination, mais parce qu'elle prévient des dangers et rend les autres plus prudentes en criant ou en modifiant la trajectoire ; les autres ont le vol assuré par la garde de celle qui les précède et qu'on appelle le guide. 5. Comme la position de guide représente pour elle un gros effort si elle se prolonge, non seulement à cause du vol, mais aussi à cause de l'attention constante et de la peur, elle quitte cette place dans l'ordre quand elle ne peut plus l'assumer, et une autre grue la remplace. Une fois sortie de cette place, elle rejoint l'ordre des autres. 6. Il n'est donc pas vraisemblable, comme l'écrit Aristote, qu'une seule soit toujours guide des autres : si c'était vrai, on ne verrait pas ce changement de guide, et la même guiderait tout le temps.

Diversité des grues (Livre IV)

1. Certaines sont plus grandes, ont le plumage gris cendré, du rouge au-dessus de la tête, qui est déplumée, le cri aigu et haut. Elles sont très bien connues, même du commun.

2. Les autres grues, plus petites, de couleur cendrée sur le dos, ont les yeux rouges, de longues plumes au cou comme les hérons, elles ne sont pas rouges sur le sommet de la tête ni déplumées, mais ont aux joues des plumes blanches ; elles sont noires sur la poitrine, et ont devant la poitrine des plumes qui pendent comme des cheveux ; leur voix est rauque, et pour le reste elles ne diffèrent pas sensiblement de la grande espèce, pour ce qui est du plumage et de la forme.

3. Il en existe encore de blanches, aussi grandes que les premières, et presque plus grandes qu'elles ; elles ont les extrémités des pennes noires aux ailes, le reste du plumage étant blanc.

Bibliographie

I. *Textes*

ALBERT LE GRAND, *De animalibus* / ed. H. STADLER, in *Beiträge zur Geschichte der Philosophie des Mittelalters*, t. XVI, 1921, pp. 1453-1492.

ANONYME DE VERCELLI, *Die älteste europäische Falkenmedizin (Mitte des zehnten Jhs.)* / ed. B. BISCHOFF, in *Anecdota novissima*. – Stuttgart : Hiersemann, 1984. – pp. 171-82.

ARISTOTE, *Histoire des animaux* / trad. par J. BERTIER. – Paris : Gallimard, 1994.

BARTHOLOMAEUS ANGLICUS, *De genuinis rerum coelestium, terrestrium et infrarum proprietatibus...* – Francfort, 1601. (réimpr. Francfort, 1964).

FREDERIC II DE HOHENSTAUFEN, *De arte venandi cum avibus* / ed. C.A. WILLEMSEN. – Leipzig, 1942.

HUGUES DE FOUILLOY, *The medieval book of birds : Hugh of Fouilloy's* Aviarium / ed. W.B. CLARK. – Binghamton, New York : M.R.T.S., 1992. – (Medieval and Renaissance Texts and Studies ; 80).

ISIDORE DE SÉVILLE, *Etymologiarum sive originum libre XX* / éd. W.M. LINDSAY. – Oxford, 1911.

LUCAIN, *La guerre civile (La Pharsale)* / éd. et trad. A. BOUGERY. – Paris : Les Belles Lettres, 1947. – (Collection des Universités de France).

Moamin et Ghatrif : Traités de fauconnerie et des chiens de chasse / édité par H. TJERNELD. – Lund, 1945.

PLINE L'ANCIEN, *Histoire Naturelle, Livre X* / éd. E. DE SAINT DENIS. – Paris : Les Belles Lettres, 1961. – (Collection des Universités de France).

SEXTUS PLACITUS PAPYRIENSIS, *Antonii Musae de herba vettonica liber. Pseudo Apulei Herbarius* / ed. E. HOWALD & H.E. SIGERIST. – Leipzig, Berlin, 1927. – pp. 235-286.

SOLINUS, *Collectanea rerum memorabilium* / éd. Th. MOMMSEN. – Berlin, 1895.

THOMAS DE CANTIMPRÉ, *Liber de natura rerum* / ed. H. BOESE. – Berlin : W. De Gruyter, 1973.

VINCENTIUS BELLOVACENSIS, *Speculum Maius*. – Douai, 1624. (réimpr. Graz, 1970).

II. *Littérature secondaire*

BERNT (G), *Fachliteratur*, in *Lexicon des Mittelalters*, t. IV, coll. 217-221.

CAPPONI (F.), *Ornithologia latina*. – Gênes : Università di Genova, 1979. – (Pubblicazioni dell'Istituto di Filologia classica e medievale dell'Università di Genova ; 58).

DE LUBAC (H.), *Exégèse médiévale. Les quatre sens de l'Écriture*. – Paris : Aubier, 1959-1964.

DICKE (G.) – GRUBMÜLLER (Kl.), *Die Fabeln des Mittelalters und der frühen Neuzeit. Ein Katalog der deutschen Versionen und ihren lateinischen Entsprechungen*. – München : Wilhelm Fink, 1987. – (Münstersche Mittelalter-Schriften ; 60).

Dictionnaire historique de la langue française / sous la direction de A. REY. – Paris : Dictionnaires Le Robert, 1992.

DUGGAN (L.), *Was art really the «book of the illiterate» ?*, in *Word and Image*, t. V, 1989, pp. 227-251.

L'encyclopédisme : Actes du Colloque de Caen, 12-16 janvier 1987 / éd. Annie BECK. – Paris : Klincksieck, 1991.

L'enciclopedismo medievale / éd. Michelangelo PICONE. – Ravenne : Longo Editore, 1994.

FONTAINE (J.), *Isidore de Séville et la culture classique dans l'Espagne wisigothique* / 2e édition. – Paris : Études Augustiniennes, 1983.

GEORGE (W.) – YAPP (Br.), *The naming of the beasts : Natural history in the medieval Bestiary*. – Londres : Duckworth, 1991.

HENKEL (N.), *Studien zum Physiologus im Mittelalter*. – Tübingen : Niemeyer, 1976.

JAHN (I.), *Grundzüge der Biologiegeschichte*. – Iena : Gustav Fischer, 1990. – (Uni-Taschenbücher ; 1534).

JOHNSGUARD (P.A.), *Cranes of the world*. – 2e éd. – [London] : Croom Helm, 1983.

LANGLOIS (Ch.V.), *La vie en France au Moyen Âge, du XIIe au milieu du XIVe siècle*, vol. III : *La connaissance de la nature et du monde*. – Paris : Hachette, 1927.

MCCULLOCH (Fl.), *Mediaeval Latin and French Bestiaries*. – Chapel Hill, 1960.

MALE (É.), *L'art religieux du XIIIe siècle en France*. – Paris : Armand Colin, 1958. – 1re édition : Paris, 1898.

OHLY (Fr.), *Vom geistigen Sinn des Wortes im Mittelalter*, in *Zeitschrift für deutsches Altertum und deutsche Literatur*, t. LXXXIX, 1958, pp. 1-23.

PAULMIER-FOUCART (M.) – LUSIGNAN (S.), *Vincent de Beauvais et l'histoire du* Speculum Maius, in *Journal des Savants*, 1990, pp. 97-124.

La pensée encyclopédique au Moyen Age / éd. M. DE GANDILLAC *et al.* – Neuchâtel : La Baconnière, 1966.

PRANGE (H.), éd., *Der Graue Kranich*. – Wittenberg : Ziemsen, 1989. – (Die Neue Brehm-Bücherei).

ROY (Br.), *La trente-sixième main : Vincent de Beauvais et Thomas de Cantimpré*, in *Vincent de Beauvais : Intentions et réceptions d'une œuvre encyclopédique au Moyen Age* / éd. M. PAULMIER-FOUCART, S. LUSIGNAN et A. NADEAU. – Montréal, Paris : Bellarmin, Vrin, 1990. – pp. 241-252.

STRESEMANN (Er.), *A history of ornithology from Aristotle to the present*. – Cambridge (Mass.) : Harvard University, 1975.

VAN DEN ABEELE (B.), *Encyclopédies médiévales et savoir technique : Le cas des informations cynégétiques*, in *Nouvelles tendances en histoire et philosophie des sciences* / éd. R. HALLEUX et A.C. BERNES. – Bruxelles : Palais des Académies, 1993. – pp. 103-121.

—, *Il* De arte vanandi cum avibus *e i trattati latini di falconeria*, dans *Federico II e le scienze* / a cura di A. PARAVICINI BAGLIANI. – Palermo : Sellerio, 1995. – pp. 395-409.

—, *La fauconnerie au Moyen Âge : Connaissance, affaitage et médecine des oiseaux de chasse d'après les traités latins*. – Paris : Klincksieck, 1994. – (Collection Sapience ; 10).

WILLEMSEN (C.A.), *Bibliographie zur Geschichte Kaiser Friedrichs II. und der letzten Staufer*. – München, 1987. – (MGH, Hilfsmittel).

L'astrolabe plan

Régine Leurquin
Docteur en philosophie et lettres

L'engouement des collectionneurs pour les astrolabes, qui peuvent atteindre des prix faramineux dans les grandes salles de vente, l'apparition régulière chez les antiquaires d'exemplaires nouvellement retrouvés –ou parfois, plus prosaïquement, nouvellement fabriqués–, les entreprises internationales de description et de catalogages des spécimens conservés, l'édition de traités théoriques ou pratiques sur cet instrument, une association de passionnés, telle que la Société internationale de l'astrolabe, tous ces phénomènes montrent l'attention accrue portée à l'astrolabe, ce «joyau mathématique» (1), qui allie beauté esthétique et intérêt scientifique et historique. Pierre Abélard, maître de théologie et de logique à Paris (1079-1142), n'a-t-il pas surnommé «Astrolabe» le fils que lui donna sa jeune élève Héloïse (2) ?

Le point de départ de ma rencontre avec cet instrument fut l'édition d'un traité d'astronomie du XIVe siècle (3), rédigé par un haut dignitaire ecclésiastique de Constantinople, Théodore Méliténiote (*ca* 1320-1393). La moitié du livre I de son traité en trois parties, la *Tribiblos astronomique*, est, en effet, consacrée à la construction et à l'utilisation d'un astrolabe plan (4). Il est bien sûr vain de prétendre épuiser en quelques lignes un sujet aussi vaste que celui de l'astrolabe et cette brève présentation n'a d'autre prétention que de donner au lecteur le goût d'aller fouiner dans l'abondante documentation qui s'offre à lui.

(1) H. MICHEL, *Traité de l'astrolabe*, p. 5.

(2) Mentionné par J. LE GOFF, *Les intellectuels au moyen âge*, p. 45.

(3) THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I et livre II. Pour une étude plus détaillée sur l'instrument, cf. R. LEURQUIN, *L'Astrolabe dans la* Tribiblos astronomique *de Théodore Méliténiote.*

(4) Méliténiote justifie la place importante ainsi réservée à l'astrolabe par le fait que, lors du calcul des mouvements des astres, il est important de connaître l'heure avec exactitude, une précision que ne permettra pas la lecture des cadrans solaires, clepsydres, soumis à des dérèglements (THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 154, ll. 9-21; Méliténiote décalque ici un passage de la *Tetrabiblos* de Ptolémée).

Signalons d'abord que, par «astrolabe», nous entendrons toujours astrolabe *plan* (5), c'est-à-dire un instrument portant la représentation aplatie de la sphère céleste vue de l'extérieur (6).

I. Origine : Mythe et réalité

Étymologiquement, le mot grec «ἀστρολάβος» ou «ἀστρολάβον /-λαβικόν ὄργανον» signifie «preneur d'astres» (ἄστρον, *astre, étoile* et λαμβάνειν, *prendre*) ; on trouve également parfois le terme «ἀστρολάβον ὡροσκοπεῖον». Le terme arabe médiéval «asṭurlâb» ou «asṭurlâb» en dérive directement. Certains auteurs arabes l'ont réinterprété correctement (ex. l'encyclopédiste al-Khwârismî au Xe siècle, al-Bîrûnî et al-Zarqûllu au XIe siècle, qui donnent aussi d'autres étymologies) ; d'autres l'interprètent comme «balance du Soleil» ou «miroir du Soleil» ou «des étoiles» (7). Le mot est décalqué en latin par «astrolabium».

Historiquement, l'astrolabe trouve son origine à la période hellénistique. Le principe de base de l'astrolabe est, en effet, celui de la projection plane de la sphère céleste, selon un procédé appelé aujourd'hui «projection stéréographique» et dont le principe est généralement attribué à l'astronome Hipparque de Nicée (qui travailla à Rhodes et Alexandrie, *ca* 150 *a.c.n.*). L'inventeur de l'astrolabe proprement dit n'est, par contre, pas connu et les certitudes s'effacent ici devant des explications aux accents plus au moins réalistes. Les traités anciens, qu'ils soient grecs, arabes ou latins, attribuent, en effet, différents pères à ce bel enfant. Certains avancent le nom d'Abraham. Abû Naṣr al-Qummî, auteur arabe de la fin du Xe siècle, l'attribue à Lâb, un fils d'Idrîs, ce qui permet d'expliquer étymologiquement «asṭur-lâb» comme les «lignes de Lâb» (8). Une source persane (Ibrâhîm Fârûqî, non identifié) cite le nom d'Aristote, qui aurait répondu à une requête d'Alexandre le Grand invitant tous les sages à construire un instrument propice à assurer la survie de son nom (9). On retrouve également le

(5) Il existe aussi un instrument sphérique, d'usage universel, mais dont il ne subsiste que deux spécimens arabes.

(6) Cf. encadré n°1, § 2 : la projection stéréographique.

(7) On trouvera une étude détaillée des étymologies du mot données par les auteurs arabes dans D.A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources.*

(8) D. A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources*, p. 48.

(9) D. A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources*, p. 61. On peut faire ici un parallèle avec l'histoire que raconte Théodore Méliténiote : le roi

(à suivre...)

nom de Ptolémée [10]. L'historien syrien Ibn Khallikân (XIII[e] s.) raconte à ce propos que la création de l'astrolabe serait purement fortuite : un jour que Ptolémée se promenait à dos de bête, il laissa échapper le globe céleste qu'il tenait en main ; l'animal marcha dessus et l'affaire était faite : l'astrolabe plan était né [11] ; ce qui est réel, c'est que le principe de la projection stéréographique est à la base du traité de Ptolémée, le *planisphaerium* [12]. En réalité, l'indice indiscutable le plus ancien ne remonte qu'au VI[e] siècle *p.c.n.*, avec le traité sur la construction et l'utilisation de l'astrolabe rédigé en grec par Jean Philopon d'Alexandrie : celui-ci précise que son maître Ammonius –chef de file de l'école néoplatonicienne d'Alexandrie, dont on n'a rien conservé– a déjà traité le sujet, et décrit un instrument déjà bien défini [13]. Une lettre de Synésius de Cyrène († 413), un autre néoplatonicien qui vécut en Égypte et à Constantinople, intitulée *Sur le don de l'astrolabe* a fait couler beaucoup d'encre [14], mais il n'y serait finalement pas question d'un astrolabe plan. L'instrument s'est introduit dans les cercles des érudits syriens –nous possédons le traité de l'évêque Sévère Sebôhkt [15], au VII[e] s., avant de pénétrer la civilisation arabo-islamique. Nous sommes incapables de préciser le moment, le lieu ou le mode exacts de transmission, car les plus anciens traités (souvent conservés à travers des traductions latines) et instruments arabes datent du IX[e] siècle. Harrân, centre de traduction du grec et du syriaque vers l'arabe, connut tôt des manufactures d'astrolabes. La transmission vers le Maghreb s'est faite assez tôt et l'astrolabe a suivi la conquête arabe de l'Espagne ; le premier traité sur l'astrolabe plan connu, qui soit rédigé par un musulman espagnol, est celui d'Ibn aṣ-Ṣaffâr, et le plus ancien instrument celui de son frère Muḥammed, en 1026/27. Par le

(...suite)
de Babylone Nabuchodonosor fit brûler toutes les observations astronomiques antérieures à son règne et exécuter de nouveaux relevés, afin que toutes les tables astronomiques trouvent leur point de départ au début de son règne (746 a.c.n.), assurant ainsi la pérennité de son nom (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre II : *Édition critique et traduction*, p. 12, l. 10 - p. 14, l. 42).

(10) Par exemple chez Théodore Méliténiote (THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 11, ll. 340-341).

(11) D. A. KING, *The origin of the astrolabe according to the medieval islamic sources*, pp. 54-55.

(12) Il existe un cadran solaire, contemporain de Ptolémée, portant une projection stéréographique (cf. note 18).

(13) L'édition en a été faite au siècle dernier par H. Hase et reproduite avec quelques corrections par A. P. Segonds (Jean PHILOPON, *Traité de l'astrolabe*), en 1981.

(14) Voir par exemple les développements de A.P. Segonds dans Jean PHILOPON, *Traité de l'astrolabe*, pp. 55-63.

(15) Traduction française par F. NAU, *Le traité sur l'astrolabe plan de Sévère Sabokt*, pp. 87-101 et pp. 274-303.

biais des traductions et des voyageurs, l'instrument s'est diffusé et a atteint la France, l'Italie, la Belgique, l'Angleterre, l'Allemagne (certains instruments occidentaux sont des astrolabes islamiques, avec indications en latin superposées à l'arabe). Dans l'Occident chrétien, on trouve une littérature technique au Xe et XIe siècle, mais elle décrit des instruments d'un type incomplètement fixé et suit très servilement les modèles arabes. Les XIIe et XIIIe siècles ont produit un très grand nombre de traductions en latin des textes arabes sur l'astrolabe, mais d'une façon plus originale (création d'un vocabulaire spécifique) ; l'outil est parfaitement constitué, la description et les usages varieront peu jusqu'au XVIIe siècle ; l'inscription de l'étude de l'astrolabe au programme de l'enseignement universitaire jointe à l'intérêt de la société pour l'instrument (ex. astrologie dans les cours européennes) favorisa la multiplication des traités, des traductions et la construction d'instruments. Il y eut sans doute aussi des contacts directs entre Byzance et l'Occident latin. Le déclin de l'astrolabe en Occident sonna à la fin du XVIIe siècle, avec le développement d'instruments plus précis ou plus maniables. L'instrument resta plus longtemps vivace en Orient ; il existait encore des astrolabistes au Maroc il y a vingt ans.

II. Les sources de notre connaissance

La source de notre connaissance sur l'astrolabe est triple : les exemplaires conservés, les traités et les représentations figurées.

1. Les exemplaires conservés

La nature robuste du matériau utilisé pour la fabrication de l'astrolabe (généralement du laiton, du bronze [16]) et l'intérêt manifesté par les antiquaires dès le XVIIIe siècle ont favorisé la conservation d'un certain nombre d'exemplaires, qui font les délices des historiens des sciences. C'est ainsi qu'il reste des centaines d'astrolabes planisphériques d'origine islamique dans les musées ou dans des collections privées, mais on compte seulement une dizaine de spécimens antérieurs à l'an 1000. Pour le monde grec, par contre, pour la période byzantine, on connaît le seul astrolabe de Brescia (1032 p.c.n.) qui est signé par un «Sergios le Persan» et est inspiré de

(16) Charles V le Sage (1338-1380) en posséda même un en or et deux en argent ; il commanda à Pèlerin de Prusse le premier traité en français sur cet instrument. Il existait cependant aussi des exemplaires en bois (cf. par exemple B. CHARLES, *Le traité sur l'astrolabe de Nicéphore Grégoras,* p. 76).

modèles islamiques [17]. On dénombre aussi plusieurs centaines d'astrolabes occidentaux, mais, dans le monde latin, les plus anciens instruments conservés ne paraissent pas antérieurs au XIVe siècle [18]. On peut ainsi établir toute une typologie des astrolabes, selon les lieux, les écoles d'astrolabistes etc.

2. Les traités

C'est également par la lecture des traités, dont beaucoup demeurent encore inédits, que l'on peut se faire une idée de l'instrument, bien que ce type de littérature présente un certain conservatisme. Il y a plusieurs genres de traités : traités de «fabrication», qui donnent les bases théoriques pour la construction de l'instrument (théorie de la projection stéréographique) ; traités d'utilisation, qui décrivent les différentes parties de l'instrument et proposent des applications pratiques ; traités relevant des deux catégories. Dans le monde grec, on peut relever une quinzaine de traités sur l'astrolabe plan à l'époque byzantine, qu'il s'agisse de traités complets, d'extraits, de scolies, etc., et l'Université catholique de Louvain figure en bonne place dans l'édition de ces textes [19]. Dans le monde islamique, entre le IXe et le XVIe siècle furent écrits des dizaines de traités sur l'usage de l'astrolabe et il subsiste encore de nombreux manuscrits non catalogués au Moyen-Orient et en Inde; alors qu'il existe d'assez nombreuses descriptions des instruments conservés, les textes ont été moins étudiés.

3. Les représentations figurées de l'instrument

La connaissance de l'astrolabe s'appuie aussi sur des représentations artistiques de l'appareil : sculptures des cathédrales occidentales [20],

(17) Cf. la reproduction dans R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, vol. 1, p. 105, fig. 57.

(18) On conserve un exemplaire de 1326 au British Museum (R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, vol. 2, pp. 465-467) ; notons cependant l'existence d'un cadran solaire de l'époque d'Antonin le Pieux avec projection stéréographique (mentionnés par A. J. TURNER, *The time museum*, respectivement p. 33 et pp. 10-11).

(19) Cf. le dernier état de la question dans A. TIHON, *Traités byzantins sur l'astrolabe*, à paraître dans *Physis*.

(20) Reproduction des sculptures de Sens et Laon dans S. GARCIA FRANCO, *Catálogo crítico de astrolabios existentes en España,* Madrid, 1945, p. 54 (je n'ai pas eu accès à cet ouvrage, cité par E. POULLE, *Les sources astronomiques (textes, tables, instruments)*, p. 89 et note 3, qui relève que les images ont été inversées).

gravures sur bois (21), miniatures des manuscrits (22) (même en dehors des traités consacrés à cet instrument, qui symbolise alors la discipline de l'astronomie), peintures (23) etc.

III. La construction d'un astrolabe plan : Théorie et réalité

L'astrolabe peut être construit de différentes façons (24). Le traité de Théodore Méliténiote, directement inspiré par Jean Philopon, nous en donne un exemple bien concret. Son œuvre offre, en effet, une vue assez complète de la construction d'un astrolabe, limitée cependant à un point de vue purement descriptif, sans aucune notion théorique.

La première pièce à construire est le boîtier ou *matrice/mère* (ill. 1), composé d'un anneau gradué en 360°, d'un disque de même taille, auquel l'anneau est superposé, et d'un petit anneau de suspension (0° étant à l'aplomb de cet anneau de suspension).

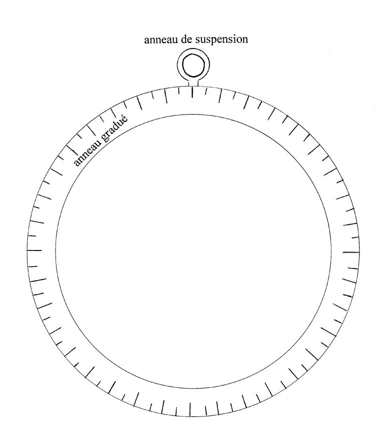


Illustration n°1.
La matrice (face).

Au dos de cet assemblage, sur les quadrants supérieurs, on dessine deux nouvelles graduations de 90° (la double graduation permet l'emploi de l'instrument par des gauchers ou des droitiers) : les 0° sont sur une ligne horizontale, qui représente l'horizon du lieu d'observ-

(21) R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, vol. 2, p. 349, fig. 151, reproduit une gravure due au Professeur Oronce Fine de Paris (1515), où l'on voit Ptolémée utilisant un astrolabe (muni d'une boussole dans la partie supérieure du tympan ?).

(22) Ainsi, dans un manuscrit conservé à Milan (*Ambrosianus* H 57 sup., milieu du XIVe siècle), qui contient le *Petit commentaire* de Théon d'Alexandrie (IVe p.c.n.), on trouve l'illustration d'une observation faite de jour avec l'astrolabe, bien que Théon ne parle pas de cet instrument dont on a parfois tenté de lui attribuer la paternité. Voir aussi, par exemple, les reproductions de manuscrits arabes dans A. J. TURNER, *The time museum,* p. 25 et p. 27.

(23) Par exemple une peinture de H. Jordaens (*circa* 1615) dans R. T. GUNTHER, *The astrolabes of the world*, page de garde du vol. 2.

(24) Pour faciliter le tracé de cercles sur les astrolabes, il existait, dans le monde musulman, des tables, inconnues de l'Europe médiévale, comportant plusieurs milliers d'entrées (cf. D. A. KING, *Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico*, p. 168).

vation, 90° se situant à l'aplomb de l'anneau de suspension et figurant le zénith. Cette double échelle est destinée à mesurer la hauteur d'un astre au-dessus de l'horizon, moyennant une règle de visée ou *alidade* (cf. ill. 2).

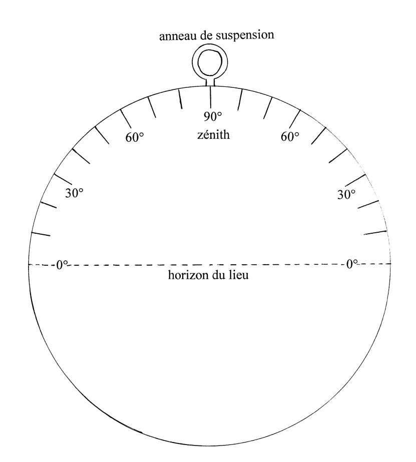


Illustration n°2.
La matrice (dos).

Celle-ci est formée d'une règle, dont les extrémités sont taillées en pointes qui forment des index, et de deux pinnules percées en leur centre. La longueur de l'alidade est équivalente à celle du dos du boîtier, sur lequel elle est fixée par une cheville autour de laquelle elle peut pivoter : l'un des index peut ainsi se déplacer sur la graduation du quadrant choisi ; la tête de la cheville ne doit pas être trop proéminente pour ne pas gêner la visée par les œilletons des pinnules ; d'autre part, la longueur de ce pivot doit être suffisante pour qu'on puisse y enfiler, de l'autre côté du boîtier, les tympans (cf. ill. 3).

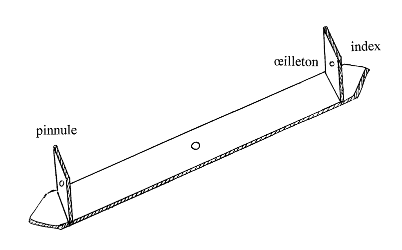


Illustration n°3.
L'alidade.

Le *tympan* est un disque qui porte la représentation plane des cercles célestes fixes pour l'observateur [(25)] : tropiques, équateur, horizon du lieu et cercles parallèles à cet horizon. À chaque latitude (ou inclinaison du pôle sur l'horizon du lieu) correspondra donc un tympan différent, un astrolabe comprenant généralement plusieurs tympans identifiables. Méliténiote décrit le tracé de ces cercles de façon géométrique [(26)], sans jamais tenter

(25) Cf. l'encadré n°1.
(26) Cf. l'encadré n°2.

Deux rapides rappels :

1. *La sphère céleste*

Pour un observateur terrestre, le ciel apparaît comme une sphère, qui semble effectuer une rotation sur elle-même, d'Est en Ouest, autour de l'axe de ses pôles Nord-Sud : c'est le mouvement diurne, appelé aussi rétrograde. Ce mouvement ne modifie pas, aux yeux de l'observateur, la disposition de l'*équateur* (cercle perpendiculaire à l'axe des pôles), des *tropiques,* de l'*horizon du lieu* (ou horizon oblique) et des *cercles parallèles* à cet horizon. Ces cercles seront donc représentés de façon *fixe* dans l'instrument. Par contre, pour l'observateur terrestre, la position du Soleil par rapport aux étoiles change de jour en jour : il fait en un an le tour de la sphère céleste, d'Ouest en Est, en sens direct, parcourant un grand cercle appelé *écliptique,* incliné d'environ 24° sur l'équateur. Ce cercle sera donc figuré de façon *mobile* sur l'instrument. Les intersections entre l'équateur et cet écliptique définissent les *points d'équinoxe* ; les points de l'écliptique les plus éloignés sont les *points de solstice,* où passent deux cercles parallèles à l'équateur, les *tropiques* du Cancer (Nord) et du Capricorne (Sud).

2. *La projection stéréographique* (cf. ill. ci-dessous).

Pour ramener la sphère sur un plan, on applique le principe de la *projection stéréographique*.

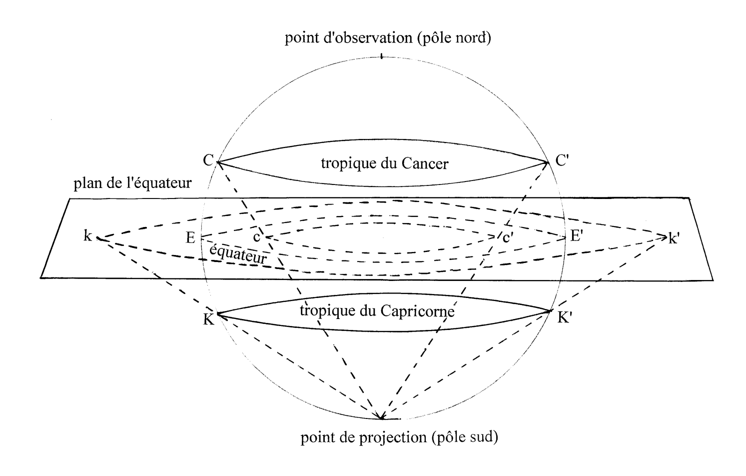


Illustration n°4.
Projection stéréographique (Nord).

Encadré 1.

(suite)

Pour l'hémisphère Nord, on imagine l'observateur –c'est-à-dire le centre de projection– au pôle sud ; il faut, en effet, être à l'extérieur de la sphère pour pouvoir l'embrasser d'un seul coup d'œil ; on trace des lignes imaginaires à travers les cercles célestes pour couper le plan de l'équateur, tout en considérant la face nord du plan de projection ; on a donc le tropique du Cancer projeté à l'intérieur de la figure, l'équateur au milieu et le tropique du Capricorne à l'extérieur. Le diamètre du tympan de l'astrolabe sera limité au tropique du Capricorne, la partie de la sphère céleste entre ce tropique et le pôle sud n'étant pas représentée sur un astrolabe nord. Rappelons que la projection stéréographique a pour propriétés que la projection d'un cercle quelconque de la sphère est un cercle, et que l'angle de deux lignes tracées sur la sphère se projette en vraie grandeur.

Encadré 1.

Voici comment Méliténiote procède.

Pour les *tropiques* et l'*équateur* : on dessine un cercle qui correspond au tropique du Capricorne et on y fait se croiser perpendiculairement en un point ε une droite verticale (méridien) et une horizontale (horizon). Dans le quadrant supérieur gauche, on compte, à partir de la droite horizontale, un arc sous-tendu par un angle de 24° (qui correspond à l'écart entre les tropiques et l'équateur) ; on trace une droite qui va de l'extrémité supérieure de cet arc à l'extrémité inférieure de la droite verticale et on repère l'intersection avec l'horizontale soit le point θ ; le segment de droite qui va de cette intersection au centre du cercle du tropique du Capricorne (ε) représente le rayon de l'équateur, qu'on peut dès lors tracer. Pour dessiner le tropique du Cancer, on procède de la même façon, en se limitant au cercle de l'*équateur*.

On dessine ensuite l'*horizon oblique* et les *cercles parallèles* à l'horizon du lieu d'observation ; l'écart entre ces cercles parallèles peut être de 1, 2, 3° etc.: plus l'écart choisi entre les cercles est petit, plus les cercles seront nombreux et le tympan chargé ; en revanche, les utilisations de l'astrolabe en seront facilitées. On mesure donc dans le quadrant supérieur gauche de l'équateur un angle φ égal à la latitude du lieu (θ ε τ) et on cherche le point de l'équateur diamétralement opposé à τ, soit ρ ; l'arc de 180° ainsi délimité est divisé en parts égales de 1 ou 2 ou 3° etc. ; on prolonge vers le haut la droite représentant le méridien et on calcule tous les points d'intersection avec le méridien obtenus quand on fait passer par chacune des divisions de l'arc une règle dont une

Encadré 2.

(suite)

extrémité est fixée en θ ; en prenant ces points deux par deux, le premier obtenu avec le dernier, le second avec l'avant-dernier etc., on définit respectivement les diamètres de l'horizon oblique puis des cercles parallèles, le point restant isolé figurant le zénith. Il reste à inscrire sur chaque parallèle la hauteur qu'il représente (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 164, l. 174ss, avec figures).

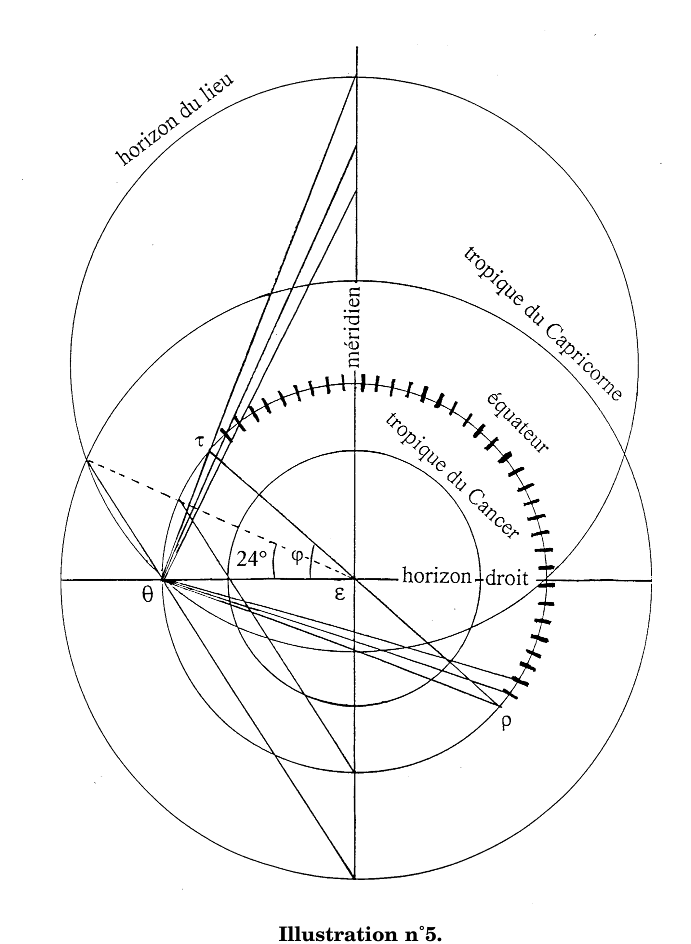


Illustration n°5.
Le tracé des tropiques, de l'équateur et de l'horizon oblique.

Encadré 2.

(suite)

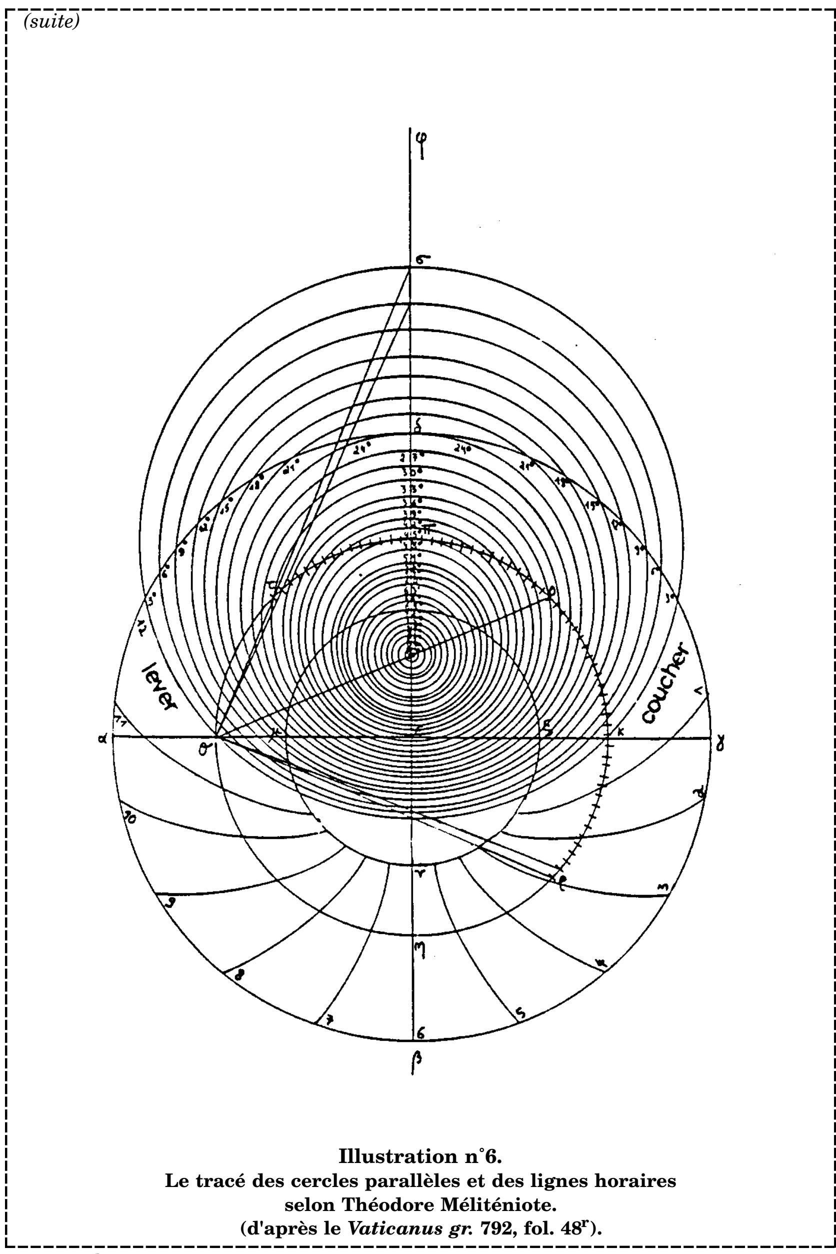


Illustration n°6.
Le tracé des cercles parallèles et des lignes horaires
selon Théodore Méliténiote.
(d'après le *Vaticanus gr.* 792, fol. 48ʳ).

Encadré 2.

jamais tenter d'expliquer ou de démontrer les propriétés de la projection [27] ; d'autres auteurs byzantins de la même époque, comme Nicéphore Grégoras (*circa* 1295-1360) [28] ou Isaac Argyre (*circa* 1368) [29] présentent des tentatives de démonstrations. Le tympan est complété par le tracé des *lignes horaires* dans l'espace situé sous l'horizon oblique, qui est divisé en 12 parts égales représentant les 12 heures (dites «saisonnières» car leur longueur varie avec les saisons) qui s'écoulent entre le coucher et le lever du Soleil (cf. ill. 6). Une fois les tympans gravés, ceux-ci sont empilés et fixés dans la matrice de façon à être immobilisés, puisqu'ils représentent les éléments de la sphère céleste dont la position, pour un observateur terrestre, n'est pas affectée par le mouvement diurne.

Vient ensuite la construction de l'*araignée* (cf. ill. n°7). Il s'agit d'un disque ajouré, de même diamètre que les tympans, auxquels il sera superposé. L'araignée porte la représentation de la trajectoire annuelle apparente du Soleil, ou *écliptique* (tangente au tropique du Cancer et du Capricorne au niveau du méridien), entouré par le bandeau des 12 signes du *zodiaque* (calculés par le système des ascensions et divisés en décans puis degrés) et

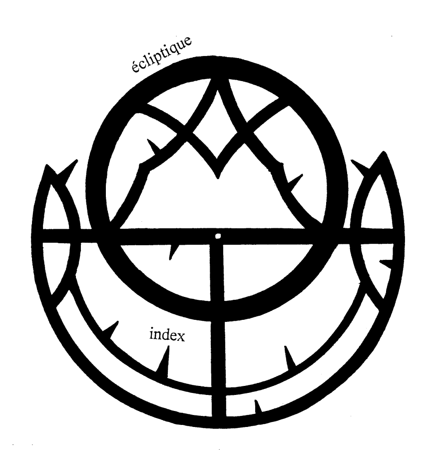


Illustration n°7. L'araignée.

(27) Méliténiote se contente de dire que les cercles parallèles, ici comme dans la sphère céleste, rétrécissent à mesure qu'ils se rapprochent du zénith ; cela lui semble bien juste parce que cela correspond bien à la réalité qu'il appréhende : «[les cercles parallèles] coupent ainsi l'hémisphère au-dessus de la terre en couronnes, position que présentent les cercles parallèles dans la disposition en forme de meule de l'univers. Aussi les cercles intérieurs et plus élevés que l'horizon sont-ils nécessairement plus petits, vu qu'ils interceptent une circonférence plus petite de l'hémisphère au-dessus de la terre» (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 177).

(28) Nicéphore Grégoras a d'abord publié un court traité relatif à la manière de construire l'astrolabe plan avant d'en faire une édition plus scientifique augmentée d'un prologue contre les envieux et les faux savants, et accompagnée de démonstrations géométriques justifiant la projection stéréographique. Son traité fut fort copié du XIV[e] au XVI[e] siècle (pour les références précises, cf. l'étude de A. TIHON, *Traités byzantins sur l'astrolabe*, mentionnée note 19).

(29) Argyre démarque les traités de Grégoras et Méliténiote.

d'un certain nombre d'étoiles (dont les coordonnées sont connues par des tables et reportées sur l'araignée) symbolisées par des index. La rotation de l'araignée permet de figurer le déplacement que le Soleil et les étoiles subissent pour un observateur terrestre.

Le nombre d'étoiles représentées varie d'un traité à l'autre. Les coordonnées des étoiles peuvent théoriquement permettre de dater approximativement la construction d'un instrument [(30)]. On dispose également un index au niveau de 0° du Capricorne : ce point, toujours tangent au tropique du même nom, servira de repère lors d'interpolations faites sur le limbe de l'instrument. Tel est, rapidement présenté, l'instrument décrit par Méliténiote. Mais la liste des indications présentes sur un instrument pourrait s'étendre (carrés d'ombres, indications astrologiques etc.).

D'une façon générale, on peut se poser la question de la réelle mise en pratique des ces traités de construction. Remarquons d'abord que, si le mécanisme reproduit théoriquement les phénomènes tels qu'ils sont appréhendés par l'observateur, il peut cependant y avoir un décalage entre les instructions données pour la construction de l'appareil et la réalité de son exécution. Il faut d'abord tenir compte de la difficulté purement matérielle rencontrée par l'astrolabiste dans son travail de gravure. Il convient également de ne pas perdre de vue que des considérations esthétiques peuvent parfois avoir pris le pas sur des préoccupations purement scientifiques [(31)]. Il est probable aussi que certains traités relevant de cette littérature sont de purs exercices d'école, leurs auteurs compilant des traités antérieurs, parfois périmés, sans toujours comprendre l'instrument qu'ils tentent de décrire. On sait également que, par traditionalisme, on a continué à travailler avec des données périmées [(32)]. À ce sujet, on peut citer

(30) Suite au phénomène dit de «précession des équinoxes» (mouvement de recul du point de repère pour le calcul des coordonnées), la position des étoiles se modifie lentement (36" par an pour Ptolémée). Il ne faut toutefois pas perdre de vue que des astrolabes peuvent avoir été gravés non pas d'après des données astronomiques originales, mais selon des traités périmés, ce qui rend caduque toute datation.

(31) L'araignée est un terrain où peut s'exprimer toue la sensibilité artistique de son créateur. Parfois, des étoiles sont choisies pour produire un effet esthétique grâce à certaines symétries. Dans le monde islamique, on voit apparaître, dès le Xe siècle, des constellations ou groupes d'étoiles présentés de façon zoomorphe ; au XVIe siècle apparaissent des motifs floraux. Les étoiles pouvaient également être marquées par des boutons de cuivre ou d'argent.

(32) Cf. D. A. KING, *Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico,* p. 170, indique que, dans le monde arabe, par traditionalisme, on a continué à graver des tympans portant l'indication de la longueur du jour le plus long pour la latitude donnée,

(à suivre...)

la remarque de Nicéphore Grégoras dénonçant le conservatisme de certains «astrolabistes» : «[nous avons] de longue date édité un ouvrage sur la méthode de construction d'un astrolabe de n'importe quelle grandeur donnée, œuvre facile et qui va de soi si on la réalise sur plan et si on s'émancipe des modèles anciens tout en évitant des règles inadaptées, défaut perpétuellement observé chez les plus ignorants des cordonniers et des potiers qui, fixés sur des modèles d'école, leur comparent toujours leurs propres œuvres sans oser jamais s'en écarter en aucun point» (33).

IV. Les destinations d'un astrolabe plan : Théorie et réalité

Même si, d'un traité à l'autre, la description des utilisations de l'astrolabe ne varie guère, on ne saurait dresser le catalogue exhaustif de ses applications car de nombreux traités restent encore inédits. Voici donc quelques exemples extraits de traités grecs.

1. Commençons par des *applications astronomiques* qu'on trouve chez Méliténiote, qui les a, la plupart du temps, recopiées chez Jean Philopon (VIe s.) :

— *mesurer la hauteur du Soleil au-dessus de l'horizon du lieu* : orienter l'astrolabe de façon à ce que les rayons du Soleil passent à travers les deux pinnules de l'alidade et lire le degré indiqué par l'index sur le quadrant gradué.

— *mesurer la hauteur d'une étoile* : viser l'astre à travers les pinnules et procéder de la même façon.

— *disposer la carte du ciel selon sa position au moment de l'observation* : disposer l'araignée sur le tympan propre à la latitude du lieu d'observation, dans la position où se trouve la voûte céleste, en mettant le Soleil (dont on connaît la longitude par des tables) ou l'étoile observée sur son parallèle de hauteur. Une fois qu'un point est correctement disposé, le reste de la «carte» l'est également et on peut, par exemple, connaître la hauteur du Soleil la nuit, ou d'une étoile le jour.

(...suite)
en se basant sur l'obliquité de l'écliptique calculée par Ptolémée, alors que de nouvelles observations avaient «affiné» cette valeur.

(33) Traduction de B. CHARLES, *Le traité sur l'astrolabe de Nicéphore Grégoras,* p. 9.

— *connaître l'heure saisonnière (ou inégale) de jour* : lire l'heure saisonnière du jour en observant la ligne horaire que touche le point du zodiaque diamétralement opposé au Soleil (puisque les lignes horaires ont été tracées sous l'horizon et qu'elles sont donc à l'opposé de celles devant lesquelles le Soleil se déplace dans son mouvement diurne). Si on ne tombe pas juste sur une heure, on procède par interpolation, à partir des lignes horaires précédente et suivante, grâce à l'index situé à 0° du Capricorne.

— *connaître l'heure saisonnière de nuit* : lire l'heure saisonnière de nuit en observant la ligne horaire que touche le Soleil sous l'horizon.

— *trouver les quatre centres* : repérer les quatre points de l'écliptique qui coupent respectivement le parallèle de l'horizon Est («horoscope»), de l'horizon Ouest (point qui se couche), le méridien au-dessus de l'horizon (culmination), au-dessous de l'horizon (culmination inférieure).

— *calculer l'heure équinoxiale (ou égale) de jour* : calculer l'arc parcouru sur la graduation de 360° par l'index de l'araignée situé à 0° du Capricorne quand on fait pivoter, d'Est en Ouest au-dessus de l'horizon, le degré du zodiaque qu'occupe le Soleil ; comme la graduation est concentrique avec celle de l'équateur, cet arc nous donne la longueur du jour en degrés d'équateur.

Exemple : il est 10 1/4 h saisonnières et 128° sont parcourus par l'index. En divisant le résultat par 12, on a la durée d'une heure saisonnière (1/12 du temps entre le lever et le coucher du Soleil) exprimée en degrés d'équateur :

128° : 12 = 10° 40'

On multiplie les heures saisonnières relevées précédemment, par ce résultat et on a l'heure du jour en degrés d'équateur :

10h 1/4 x 10°40' = 109°20'

En divisant le produit par 15°, on a la valeur en heures équinoxiales (15° d'équateur = 1h équinoxiale puisque 360° d'équateur franchissent l'horizon en 24h) :

109°20' : 15° = 7h 17min 20sec

On peut également calculer directement l'heure équinoxiale de jour en faisant pivoter le Soleil depuis l'horizon Est jusqu'à son parallèle de hauteur et en mesurant l'arc d'équateur passé sur l'horizon.

— *calculer l'heure équinoxiale (ou égale) de nuit* : procéder comme pour le jour, mais effectuer le calcul avec l'arc parcouru d'Ouest en Est sous l'horizon. L'heure équinoxiale de nuit sera calculée plus rapidement en

faisant pivoter le Soleil depuis l'horizon Ouest jusqu'à ce que l'étoile visée soit positionnée sur son parallèle et en mesurant l'arc d'équateur passé sous l'horizon.

— *calculer la latitude du lieu d'observation* : à l'époque de l'équinoxe de printemps (Soleil à 0° du Bélier) ou d'automne (0° de la Balance), calculer la hauteur du Soleil à midi ; la différence entre 90° et cette culmination donne la latitude.

2. La destination de sa *Tribiblos astronomique* et la violente sortie que fait Méliténiote contre l'astrologie au début de son ouvrage (34) excluaient qu'on y trouvât d'autres applications que celles que nous venons d'énumérer. La lecture d'autres traités permet cependant d'étendre ce mode d'emploi de l'astrolabe à des *utilisations astrologiques*. C'est ainsi que Jean Kamatéros, dans un vaste poème consacré à l'astrologie et dédié à l'empereur Manuel Comnène (1143-1180), féru de cet art, a réservé 130 vers à l'astrolabe et on y trouve la détermination des 12 *loci* (répartition des signes du zodiaque parmi les 12 maisons célestes) qui permettront d'obtenir des renseignements sur la richesse, la famille, le mariage, la mort, les activités etc. d'un sujet (35). On trouve également des applications astrologiques chez Siamps le Persan (36), généralement identifié avec Shams Bukharî et dont l'œuvre, dédiée à Andronic II Paléologue (1282-1328), présente des traces de source arabe.

3. Chez Siamps le Persan, on lit également des procédés –pas toujours clairs, il est vrai– pour des *usages «topographiques»* : connaître la largeur d'un fleuve, la hauteur d'une montagne, la profondeur d'un puits. Ces utilisations nécessitent la présence d'un carré d'ombres, tout à fait absent de l'appareil décrit par Méliténiote.

(34) Après avoir affirmé que l'astronomie est quelque chose de grand, Méliténiote enchaîne : «Par contre, faire de leurs qualités agissantes [i.e. celles des corps célestes] et de la singularité naturelle de leurs configurations la cause des événements qui nous échoient, en incriminant à tort les corps célestes, entremêler, d'après leur mouvement, les naissances et les incidents, et penser pouvoir ainsi connaître d'avance le futur –ce qui est le propre de la vaine agitation de l'astrologie, laquelle a, de façon remarquable, obtenu de se faire appeler aussi mathématique, elle qui lie ce qui nous concerne au mouvement des astres– voilà donc une attitude qui, outre qu'elle ne comporte rien de sain et n'a rien à voir avec la vérité, conduit à l'erreur et à un abîme de perdition, tout à fait pernicieuse pour ceux qui veulent vivre dans la piété» (cf. THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I, p. 88, ll. 122-134).

(35) Traduction dans Jean PHILOPON, *Traité de l'astrolabe*, pp. 65-69.

(36) Cf. l'édition de A.-M. DOYEN, *Le traité sur l'astrolabe de Siamps le Persan*, pour les différentes applications citées ci-après.

4. La science se met parfois au service de la religion [37] et on peut trouver des *fonctions religieuses* à notre appareil. L'astrolabe islamique, en effet, a introduit des signes religieux pour déterminer la direction de La Mecque (*qibla*) pour chaque localité et des lignes spéciales pour déterminer le moment des cinq prières quotidiennes. Ces indications n'ont évidemment pas eu d'influence sur les spécimens de l'Europe médiévale, exceptée l'Espagne, mais on en trouve trace chez Siamps le Persan, où plusieurs chapitres sont consacrés à la détermination de l'heure des prières musulmanes. Pratiquement, on dispose l'araignée de telle sorte que le degré du Soleil (de nuit) ou celui diamétralement opposé (de jour) soit sur la ligne correspondant à l'heure où doit avoir lieu la prière (fournie par des tables de prières) et on examine le parallèle de hauteur atteint par un astre (étoile ou Soleil) ; on retourne l'appareil et on observe avec l'alidade la hauteur réelle atteinte par l'astre choisi ; on sait alors si l'heure de la prière est plus ou moins proche.

5. Signalons enfin les *destinations maritimes ou géographiques* qu'on peut donner à l'appareil ; ainsi, trouver dans un lieu perdu ou en pleine mer la latitude à laquelle on se trouve (ex. chez Philopon, Siamps le Persan).

⋆ ⋆ ⋆

Comme pour la construction de l'astrolabe, on peut s'interroger sur la réelle application de tous ces emplois de l'astrolabe. Pour certains, comme E. Poulle [38], l'utilisation de l'astrolabe comme instrument d'observation dans l'Occident latin serait une légende, qui s'enracinerait d'ailleurs dans le moyen âge même, où les prologues des traités évoqueraient cette destination par convention littéraire : il s'agirait avant tout d'un instrument pédagogique ; le dos de l'astrolabe ne servirait en réalité qu'à mieux expliquer le problème de la hauteur des astres, également figurée sur la face de l'appareil ; la rapide péremption de certaines données gravées sur l'astrolabe ne constituerait donc qu'un inconvénient mineur dans la mesure où son but ultime n'était pas l'observation. Par contre, il semble que la multitude d'instruments d'origine islamique ou encore la présence d'écoles d'astrolabistes au moyen âge islamique attestent le caractère bien vivant de l'instrument dans cette civilisation. Le débat n'est pas clos : l'astrolabe présente encore des secrets et il invite l'historien des sciences à venir sonder cette part de mystère.

(37) Voir à ce sujet l'article de D. A. KING, *La science au service de la religion : Le cas de l'islam.*

(38) Voir, par ex. E. POULLE, *Les instruments astronomiques du moyen âge,* p. 23, ou *Les sources astronomiques (textes, tables, instruments).*

Bibliographie

CHARLES (B.), *Le traité sur l'astrolabe de Nicéphore Grégoras.* – Louvain : mémoire de licence, 1971.

DOYEN (A.-M.), *Le traité sur l'astrolabe de Siamps le Persan*. – Louvain : mémoire de licence, 1978-1979.

GUNTHER (R.T.), *The astrolabes of the world*. – Oxford : The University Press, 1932.

HARTNER (W.), *The principle and use of the astrolabe*, dans *Oriens-Occidens. Ausgewählte Schriften zur Wissenschafts- und Kulturgeschichte. Festschrift zum 60. Geburtsdag.* – Hildescheim : Georg Olms, 1968. – pp. 287-311. – (Collectanea III). – (Réimpression de *A survey of Persian art*, vol. III / ed. Arthur Upham POPE. – Londres ; New York : Oxford University Press, 1939).

JEAN PHILOPON, *Traité de l'astrolabe* / traduction française et étude critique de A. Ph. SEGONDS ; reproduction, avec quelques corrections, du texte de H. HASE. – Paris : Société Internationale de l'Astrolabe, 1981. – (Astrolabica ; 2).

KING (D.A.), *La science au service de la religion : Le cas de l'islam*, in *Impact : Sciences et Société*, vol. XL, 3, 1990, n°159, pp. 283-302.

—, *Strumentazione astronomica nel mondo medievale islamico*, dans *Gli strumenti* / éd. G. L'Estrange TURNER. – Electa : Milan, 1990. – pp. 154-189.

—, *The origin of the astrolabe according to the medieval Islamic sources*, dans *Islamic Astronomical Instruments.* – Londres : Variorum Reprints, 1987. – Article n°3. – (Réimpression issue de *Journal for the History of Arabic Science*, t. V, 1981, pp. 43-83).

LE GOFF (J.), *Les intellectuels au moyen âge.* – Deuxième édition. – Paris : Éditions du Seuil, 1985. – (Points Histoire ; 78).

LEURQUIN (R.), *L'Astrolabe dans la* Tribiblos astronomique *de Théodore Méliténiote*, dans *Études 1987-1989* / éditées par A.J. TURNER. – Paris : Institut du Monde Arabe ; Société Internationale de l'Astrolabe, 1989. – pp. 15-26. – (Astrolabica ; 5).

MICHEL (H.), *Traité de l'astrolabe* / préface de E. ESCLANGON. – Paris : Gauthier-Villars, 1947.

NAU (Fr.), *Le traité sur l'astrolabe plan de Sévère Sabokt, écrit au VIIe siècle d'après des sources grecques, et publié pour la première fois d'après un ms. de Berlin*,

in *Journal Asiatique*, 9e série, t. XIII, 1899, janvier-février, pp. 56-101 et mars-avril, pp. 238-303.

POULLE (E.), *Les instruments astronomiques du moyen âge.* – Paris : Société Internationale de l'Astrolabe, 1983. – (Astrolabica ; 3).

—, *Les sources astronomiques (textes, tables, instruments).* – Turnhout : Brepols, 1981. – (Typologie des sources du moyen âge occidental ; 39).

THÉODORE MÉLITÉNIOTE, *Tribiblos astronomique*, livre I / édité par R. LEURQUIN. – Amsterdam : J. C. Gieben, 1990. – (Corpus des astronomes byzantins ; IV).

—, *Tribiblos astronomique*, livre II : *Édition critique et traduction* / par R. LEURQUIN. – Amsterdam : Adolf M. Hakkert, 1993. – (Corpus des astronomes byzantins ; V).

—, *Tribiblos astronomique*, livre II : *Commentaire* / par R. LEURQUIN. – Amsterdam : Adolf M. Hakkert, 1993. – (Corpus des astronomes byzantins ; VI).

TURNER (A.J.), *The time museum*, vol. 1 : *Time measuring instruments*. Part 1 : *Astrolabes, astrolabe related instruments* / éditeur général : Br. CHANDLER. – Rockford : The Time Museum, 1985. – (Catalogue of the collection).

Copernic, Stevin, Galilée et la réalité des orbites célestes

Patricia Radelet-de Grave
Professeur à l'Université catholique de Louvain

I. Introduction

La première partie de cet article souligne les points majeurs de la théorie de Copernic ; la deuxième rend compte de la réception de ces idées parmi les grands ténors de l'astronomie, tels Tycho Brahé et Kepler, mais aussi Simon Stevin, et montre que la difficulté de réception de ces idées est liée à l'aspect réaliste de son système ; quant à la troisième partie, elle s'attache à établir qu'un grand nombre de thèmes de recherche de l'époque, étrangers à l'astronomie, sont liés à la volonté de convaincre de la réalité ou non du système de Copernic.

II. La conception de l'univers de Copernic

Le premier travail de Copernic (1473-1543), communément appelé le *Commentariolus*, fut rédigé entre 1508 et 1514. L'introduction à ce texte répond à la première question qui se pose à propos de cet auteur : pourquoi rompt-il avec une tradition de plus de 1500 ans ?

> «*Bref exposé de Nicolas Copernic sur les hypothèses des mouvements célestes qu'il a constituées*.
>
> «[...] Mais cependant les théories qui ont été avancées un peu partout sur ce sujet par Ptolémée et par la plupart des autres astronomes, encore qu'elles fussent en accord avec les données numériques, semblaient comporter une difficulté majeure. Elles n'étaient suffisantes, en effet, que si l'on imaginait encore certains cercles équants (1), à cause desquels la planète n'apparaissait mue avec une vitesse

(1) L'équant est un excentrique qui sert à régler la vitesse à laquelle l'épicycle parcourt le déférent.

toujours uniforme ni sur son orbe déférent ni autour du centre propre [du monde]. Aussi, une théorie de cette espèce ne semblait-elle ni suffisamment achevée ni suffisamment accordée à la raison.

«Ayant donc, pour ma part, remarqué ces difficultés, je me demandais souvent si d'aventure l'on pouvait trouver un système plus rationnel de cercles d'où toute irrégularité apparente découlerait, tandis que tous seraient mus uniformément autour de leurs centres, comme l'exige le principe du mouvement parfait» (2).

La contradiction entre le système de Ptolémée et l'idée platonicienne de mouvement circulaire uniforme des planètes pousse Copernic vers son nouveau système. Plus précisément, l'uniformité de la vitesse de parcours des orbites ne lui semble pas respectée. Pour remédier à cela, il propose sept postulats :

«*Premier postulat*. – Il n'y a pas un centre unique pour tous les orbes ou sphères célestes.

«*Deuxième postulat*. – Le centre de la Terre n'est pas le centre du monde, mais seulement le centre des graves et le centre de l'orbe lunaire.

«*Troisième postulat*. – Tous les orbes entourent le Soleil qui se trouve pour ainsi dire au milieu d'eux tous, et c'est pourquoi le centre du monde est au voisinage du Soleil.

«*Quatrième postulat*. – Le rapport de la distance du soleil à la terre vis-à-vis de la hauteur de la sphère des étoiles est plus petit que le rapport du rayon de la terre à la distance entre le soleil et la terre, au point que la distance du soleil à la terre est imperceptible en comparaison de la hauteur de la sphère des étoiles.

«*Cinquième postulat*. – Tout mouvement qui paraît appartenir à la sphère des étoiles ne provient pas d'elle, mais de la terre. La terre, donc, avec les éléments tout proches, accomplit d'un mouvement diurne une révolution complète, autour de ses pôles fixes, tandis que demeure immobile la sphère des étoiles ou ciel ultime.

(2) N. COPERNIC, *Commentariolus*, pp. 71-72.

«*Sixième postulat*. – Les mouvements qui nous paraissent appartenir au soleil ne proviennent pas de lui, mais de la terre et de notre orbe, avec lequel nous effectuons des révolutions autour du soleil comme n'importe quelle autre planète. Ainsi donc la terre est entraînée par plusieurs mouvements.

«*Septième postulat*. – Les mouvements rétrograde et direct qui se manifestent dans le cas des planètes ne proviennent pas de celles-ci, mais de la terre. Le mouvement de la terre seule suffit donc à expliquer un nombre considérable d'irrégularités apparentes dans le ciel.

«Après avoir adopté ces postulats, je vais m'efforcer de montrer brièvement combien l'uniformité des mouvements peut être méthodiquement préservée» (3).

Les quatre premiers postulats sont des hypothèses, alors que les suivants en énoncent les principales conséquences. Remarquons que Copernic souligne que «la terre» tourne «avec les éléments tout proches».

Vient alors la description du système d'orbes bien connu tel qu'on le retrouve dans le *De revolutionibus* :

«*De l'ordre des orbes*. – Les orbes célestes s'entourent les uns les autres dans l'ordre suivant. Le plus élevé est celui des étoiles fixes qui, immobile, contient toutes choses et leur donne un lieu. Au-dessous, il y a celui de Saturne, que suit celui de Jupiter, puis vient celui de Mars. Sous ce dernier se trouve l'orbe sur lequel nous sommes entraînés d'un mouvement circulaire, puis viennent celui de Vénus et, le dernier, celui de Mercure. Quant à l'orbe de la lune, il tourne autour du centre de la terre, et il est emporté avec elle, tel un épicycle. C'est encore dans le même ordre que les vitesses de révolution des orbes se surpassent l'une l'autre, selon que les orbes accomplissement des révolutions plus ou moins grandes» (4).

(3) N. COPERNIC, *Commentariolus*, pp. 72-74.
(4) N. COPERNIC, *Commentariolus*, p. 74.

Après avoir décrit les trois mouvements de la Terre –à savoir le mouvement annuel, le mouvement diurne et le mouvement en déclinaison ou mouvement des pôles–, Copernic revient aux mouvements uniformes :

> «*Que les mouvements uniformes ne doivent pas être rapportés aux équinoxes mais aux étoiles fixes*. – Puis donc que les points équinoxiaux et les autres points cardinaux du monde se déplacent considérablement, celui qui entreprend d'établir à partir d'eux une durée constante de la révolution annuelle se trompe nécessairement. En effet, cette durée a été trouvée de longueur inégale par de nombreuses observations à diverses époques. Hipparque l'a trouvée de 365 jours un quart, tandis qu'Albategni le Chaldéen a trouvé cette même année de 365 jours 5 heures 46 minutes, plus précisément de 13 3/5 ou 13 1/3 minutes plus courte que l'année trouvée par Ptolémée» [(5)].

Soulignons à propos de ce passage que Clavius, Jésuite et mathématicien du Collège romain auteur de la réforme du calendrier de 1582, cite fréquemment Copernic à l'appui de ses dires.

Le mouvement de la Terre permet à Copernic d'expliquer certaines anomalies :

> «Il existe encore une seconde inégalité, selon laquelle on voit la planète parfois rétrograder, souvent aussi stationner ; ces apparences ne proviennent pas du mouvement de la planète, mais du mouvement de la terre qui modifie le point d'observation sur la grand orbe» [(6)].

Copernic est immédiatement suivi par Georg Joachim Rheticus (1514-1576) qui publie la *Narratio prima* [(7)] dans le but de défendre les idées de son maître. Ces idées seront finalement publiées par Copernic lui-même, dans le fameux *De revolutionibus*.

L'avant propos du *De revolutionibus,* dû à Andreas Osiander (1498-1592), évite le problème du réalisme du système :

(5) N. COPERNIC, *Commentariolus*, p. 77.
(6) N. COPERNIC, *Commentariolus*, p. 83.
(7) *De libris revolutionum Nicolai Copernici Narratio prima,* Dantzig, 1540.

> «Je ne doute pas que certains savants –puisque déjà s'est répandu le bruit concernant la nouveauté des hypothèses de cette œuvre, qui pose la terre comme mobile et le soleil, par contre, comme immobile au centre de l'Univers–, ne soient fortement indignés et ne pensent qu'on ne doit pas bouleverser les disciplines libérales, bien établies depuis très longtemps déjà. Si cependant ils voulaient bien examiner cette chose de près, ils trouveraient que l'auteur de cet ouvrage n'a rien entrepris qui mériterait le blâme. En effet, c'est le propre de l'astronome de colliger, par une observation diligente et habile, l'histoire des mouvements célestes. Puis d'en [rechercher] les causes, ou bien –puisque d'aucune manière il ne peut en assigner de vraies– d'imaginer et d'inventer des hypothèses quelconques, à l'aide desquelles ces mouvements (aussi bien dans l'avenir que dans le passé) pourraient être exactement calculés conformément aux principes de la géométrie. Or, ces deux tâches, l'auteur les a remplies de façon excellente. Car, en effet, il n'est pas nécessaire que ces hypothèses soient vraies ni même vraisemblables ; une seule chose suffit : qu'elles offrent des calculs conformes à l'observation» (8).

Cette prise de position d'Osiander est en contradiction avec celle que Copernic énonce dans sa propre préface, dédicacée au Pape Paul III. Pourtant ces deux textes ne sont séparés que par une lettre de soutien signée par Nicholas Schönberg, Cardinal de Capoue :

> «Je puis fort bien m'imaginer, Très Saint Père, que, dès que certaines gens sauront que, dans ces livres que j'ai écrits sur les révolutions des sphères du monde, j'attribue à la terre certains mouvements, ils clameront qu'il faut tout de suite nous condamner, moi et cette mienne opinion. Or, les miens ne me plaisent pas au point que je ne tienne pas compte du jugement des autres. Et bien que je sache que les pensées du philosophe ne sont pas soumises au jugement de la foule, parce que sa tâche est de rechercher la vérité en toutes choses, dans la mesure où Dieu le permet à la raison humaine, j'estime néanmoins que l'on

(8) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 27.

doit fuir les opinions entièrement contraires à la justice et à la vérité» [9].

Les deux derniers passages résument les deux prises de positions qui s'affronteront à propos du système de Nicolas Copernic. La première, celle d'Osiander, estime que l'héliocentrisme est une hypothèse qui permet de calculer plus aisément les mouvements célestes sans nécessairement refléter la réalité. La deuxième, que j'attribue avec de nombreux auteurs à Copernic, est réaliste : l'auteur estime décrire les choses exactement comme elles se présentent dans l'Univers.

Tous les historiens ne sont pas d'accord avec cette interprétation de la conception de Copernic. Une des raisons invoquées est l'emploi du terme «hypothèse» dans l'intitulé du *Commentariolus*. Ce titre est probablement calqué sur celui de Ptolémée : *Hypothèses des planètes ou mouvements des cercles célestes.* Pour se convaincre de la conception réaliste de Copernic, il suffit de poursuivre la lecture du *De revolutionibus.* En voici les intitulés des chapitres ainsi que quelques passages importants :

Chap. I. *Que le monde est sphérique* ;

Chap. II *Que la Terre aussi est sphérique* ;

Chap. III. *Comment la Terre forme une sphère unique avec l'eau* ;

Chap. IV. *Le mouvement des corps célestes est uniforme, éternel et circulaire, perpétuel, ou composé de [mouvements] circulaires.*

Ce dernier intitulé montre à quel point Copernic reste lié au dictat d'Aristote et de Platon.

«Chap. V. *Le mouvement circulaire convient-il à la terre ? Et de son lieu ?*

«Certes il est admis ordinairement parmi les auteurs que la terre est en repos au centre du monde, de telle façon qu'ils estiment insoutenable et même ridicule de penser le contraire. Si cependant nous examinons cette

(9) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 35.

question avec plus d'attention, elle nous apparaîtra comme nullement résolue encore et partant, aucunement méprisable. En effet, tout mouvement local apparent provient soit du mouvement de la chose vue, soit de celui du spectateur, soit d'un mouvement, inégal bien entendu, des deux. Car lorsque les mobiles –je veux dire : le spectateur et l'objet vu– sont animés d'un mouvement égal, le mouvement n'est pas perçu» [(10)].

Chap. VI. *L'immensité des cieux comparé à la grandeur de la terre*» [(11)].

Copernic reprend les théories astronomiques anciennes en y soulignant les arguments donnés en faveur de la position centrale de la Terre, arguments qu'il réfute dans le chapitre suivant.

«Chap. VII. *Pourquoi les anciens ont pensé que la Terre est immobile au milieu du monde comme son centre*. – C'est pourquoi aussi les anciens philosophes ont, par quelques autres raisons, essayé de forcer la terre de demeurer au milieu du monde, et pour cause principale ils alléguèrent la gravité et la légèreté. En effet, l'élément de la terre est le plus lourd et toutes les choses pesantes se portent vers elle, se précipitant vers son intérieur. Or, la terre, –vers laquelle les graves, de tous côtés et perpendiculairement à sa surface, sont portés en vertu de leur propre nature–, étant ronde, ils se rencontreraient en son centre s'ils n'étaient retenus à la surface. Car une ligne droite perpendiculaire à la surface tangentielle de la sphère, mène au centre. Or, il semble que les choses qui se portent vers le centre [le] recherchent pour se reposer dans le centre. A plus forte mesure donc la terre serait en repos dans le centre et, recevant en elle tout ce qui tombe, y demeurerait immobile grâce à son poids.» [(12)].

La suite de ce chapitre résume la doctrine des quatre éléments d'Aristote :

(10) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 72.
(11) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 78.
(12) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 85.

> «Il semble convenable que le mouvement rectiligne soit accordé aux quatre éléments ; aux corps célestes, par contre, de tourner autour du centre» [(13)].

Les arguments qui suivent auront la vie dure et Galilée devra encore en tenir compte :

> «Si donc, dit Ptolémée d'Alexandrie, la terre tournait, du moins en une révolution quotidienne, le contraire de ce qui vient d'être dit devrait arriver. En effet, ce mouvement qui, en vingt-quatre heures franchit tout le circuit de la terre, devrait être extrêmement véhément et d'une vitesse insurpassable. Or les choses mues par une rotation violente semblent être totalement inaptes à se réunir, mais plutôt unies [devoir] se disperser, à moins qu'elles ne soient maintenues en liaison par quelque force» [(14)].

Ce dernier argument fait penser à la fronde, argument qui se retrouve chez Galilée comme chez Newton.

> «Et depuis longtemps déjà, dit-il,]a terre dispersée aurait dépassé le ciel même (ce qui est parfaitement ridicule) ; à plus forte raison les êtres animés et toutes les autres masses séparées qui aucunement ne pourraient demeurer stables. Mais aussi les choses tombant librement n'arriveraient pas, non plus, en perpendiculaire, au lieu qui leur fut destiné, entre temps retiré avec une telle rapidité de dessous [d'elles]. Et nous verrions également toujours se porter vers l'Occident les nuages, ainsi que toutes les choses flottant dans l'air» [(15)].
>
> Chap. VIII. *Réfutation des raisons susdites et leur insuffisance*.
>
> «Mais si quelqu'un pensait que la terre se meut, il dirait certainement que ce mouvement est naturel, et non violent. Or, les choses qui se font conformément à la nature produisent des effets contraires à ceux qui se font

(13) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 87.
(14) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 87.
(15) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 88.

> par violence. Les choses, en effet, auxquelles est appliquée la force ou la violence, doivent nécessairement être détruites et ne peuvent subsister longtemps [...]. Mais pourquoi ne le craint-il pas encore bien plus en ce qui concerne le monde, dont le mouvement doit être d'autant plus rapide que le ciel est plus grand que la terre ? Le ciel est-il devenu si grand (immense) parce que ce mouvement, par une véhémence indicible, l'éloigne du centre, et doit-il tomber, s'il s'arrête ?» (16).

Copernic détruit les arguments ptoléméens en appliquant au ciel entier le raisonnement proposé pour démontrer l'immobilité de la Terre. Mais il ne s'arrête pas là et explique les apparences.

> «Pourquoi donc hésiterions-nous plus longtemps de lui attribuer une mobilité s'accordant par sa nature avec sa forme, plutôt que d'ébranler le monde entier, dont on ignore et ne peut connaître les limites ? et n'admettrions-nous pas que la réalité de cette révolution quotidienne appartient à la terre, et son apparence seulement au ciel ! Et qu'il en est par conséquent comme lorsqu'Énée (chez Virgile) dit : nous sortons du port et les terres et les villes reculent.
>
> «En effet, lorsqu'un navire flotte sans secousses, les navigateurs voient se mouvoir, à l'image de son mouvement, toutes les choses qui lui sont extérieures et, inversement, ils se croient être en repos, avec tout ce qui est avec eux. Or, en ce qui concerne le mouvement de la terre, il se peut que c'est de façon pareille que l'on croit le monde entier se mouvoir autour [d'elle]. Mais que dirons-nous donc touchant les nuages et les autres choses flottant dans l'air, ainsi que celles qui tombent ou, inversement, tendent vers le haut ? tout simplement que, non seulement la terre, avec l'élément aqueux qui lui est joint, se meut ainsi, mais encore une partie non négligeable de l'air et toutes les choses qui, de la même manière, ont un rapport avec la terre [...]» (17).

(16) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, pp. 89-90.
(17) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, pp. 92-93.

Copernic mentionne encore des phénomènes qui pourraient fournir une preuve de la rotation et du mouvement de la Terre. Beaucoup continueront à être étudiés par ses successeurs.

1) Les comètes dont l'irruption dans le système solaire a toujours soulevé beaucoup de questions.

> «Ils disent bien de leur côté –ce qui est tout aussi étonnant– que la région la plus haute de l'air suit le mouvement céleste ; ce que révèlent ces étoiles apparaissant brusquement qui par les Grecs sont appelées *comètes* ou *chevelues,* à la formation desquelles on assigne ce lieu-ci, et qui, de même que les autres étoiles, se lèvent et se couchent [...]» (18).

2) Le mouvement de chute doit être reconsidéré en tenant compte d'une rotation de l'ensemble du système ce qui conduira Galilée (19) à énoncer le principe de relativité.

> «Quant aux choses qui tombent et qui s'élèvent, nous avouerons que leur mouvement doit être double par rapport au monde et, généralement, composé de rectiligne et de circulaire. [...] De plus, les choses qui sont poussées vers le haut et le bas, même sans [tenir compte du] mouvement circulaire n'exécutent pas un mouvement simple, uniforme et égal. Car elles ne peuvent se conformer à leur légèreté ou à l'impulsion de leur poids. Mais celles qui tombent, faisant au début un mouvement lent, augmentent la rapidité en tombant» (20).
>
> Chap. IX. *Peut-on attribuer plusieurs mouvements à la terre. Le centre de l'univers* (21).
>
> Chap. X. *L'ordre des sphères célestes* (22).

(18) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, pp. 93-94.

(19) Cf. le *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo*, traduit en français sous le titre *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, deuxième journée, p. 171.

(20) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, pp. 96-97 et pp. 94-95.

(21) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 100.

(22) N. COPERNIC, *Des révolutions des orbes célestes*, p. 103.

Copernic est, sous certains aspects, très conforme aux Anciens. C'est la volonté de respecter l'hypothèse platonicienne de l'uniformité du mouvement circulaire qui suscite sa recherche. On peut encore observer cette conformité, à titre d'exemple, dans son étude du mouvement de la planète Mars qui reste très proche de ce que nous avions trouvé chez Ptolémée [23].

D'autre part, il entrevoit très bien les problèmes posés par sa nouvelle cosmologie.

III. Les premiers coperniciens : William Gilbert et Simon Stevin

La théorie de Copernic mit très longtemps à s'implanter et ce pour de nombreuses raisons. Du point de vue scientifique, elle était encore proche des théories antiques et exigeait de nombreux amendements. D'autre part, elle heurtait le sens commun et entrait en contradiction avec les Écritures.

Les tout premiers adhérents de la doctrine copernicienne sont William Gilbert et Simon Stevin. Le premier est sans doute Gilbert, mais le plus explicite dans sa prise de position est Stevin.

En 1600, Gilbert publie un traité intitulé *De magnete magneticisque corporibus, et de magno magnete tellure ; Physiologia nova, plurimis & argumentis, & experimentis demonstrata* [24]. Il affirme que la Terre a un mouvement de rotation diurne. Il est un peu moins affirmatif, ou son énoncé est moins explicite, en ce qui concerne le mouvement annuel, mais il semble ne pas désirer afficher son opinion. En tout cas, Galilée le considère comme copernicien.

Pour Gilbert, les forces attractives entre les corps célestes sont des forces magnétiques et –il est le premier à l'affirmer– la Terre est un grand aimant. Cette affirmation exercera une grande influence, entre autres sur Kepler. Dans le chapitre III du dernier livre, il reprend l'idée du centre des graves d'Aristote et les conséquences d'un mouvement de rotation de la Terre de Ptolémée, déjà reprises par Copernic, pour ajouter :

> «Cette cohérence des parties et cette consolidation de la matière existe dans le soleil, la lune et les planètes, les étoiles fixes, bref dans tous les corps sphériques dont les

(23) Cf., dans ce volume, A. TIHON, *Théorie et réalité : L'exemple de l'astronomie ancienne*.

(24) Ce texte publié à Londres en 1600 a été traduit en anglais par P. F. Mottelay en 1893. Cette traduction a été publiée par Dover en 1958.

> parties sont cohérentes et aspirent à rejoindre leurs centres respectifs» (25).

Dans le chapitre suivant, *Que la terre a un mouvement circulaire*, il affirme très clairement le mouvement diurne et rappelle une très vieille expérience de Pierre le Pèlerin. Ce dernier proposait, en 1268, l'expérience suivante : on place un aimant sphérique sur des poinçons, appuyés aux pôles de l'aimant de manière à ce qu'il puisse pivoter sur ces derniers et l'on oriente les pôles de l'aimant suivant le méridien du lieu, l'un dirigé vers le Nord et l'autre vers le Sud.

Dans ces conditions, Pierre le Pèlerin pensait –tout en avouant ne pas avoir réussi l'expérience–, que l'aimant allait suivre le mouvement journalier de la sphère céleste et effectuer une rotation en 24 heures. Bien qu'il sache l'expérience impossible, Gilbert estime nécessaire de la rappeler :

> «J'omets ce que Pierre le Pèlerin affirme stupidement, qu'une Terrella posée sur ses pôles dans le méridien tourne et fait une révolution complète en 24 heures» (26).

Il mentionne que le phénomène des marées est lié à l'attraction de la Lune et pourrait être lié au mouvement terrestre :

> «Et non seulement des conséquences fâcheuses proviendraient du soleil si la terre était au repos mais de grands dangers pourraient provenir de la lune aussi. Car nous voyons que les océans s'élèvent et déferlent suivant certaines positions de la lune. Mais si la lune ne passait pas rapidement grâce au mouvement journalier de la terre, la mer s'élèverait à l'excès et de nombreuses côtes seraient inondées par des marées énormes» (27).

La chute des corps fait également l'objet de remarques importantes :

> «Et pour cette raison [la cohérence autour des différents centres, évoquée plus haut], la révolution diurne de la terre n'accélère ni ne retarde le mouvement des corps. Ils

(25) W. GILBERT, *De magnete*, p. 326 (nous traduisons).
(26) W. GILBERT, *De magnete*, p. 332 (nous traduisons).
(27) W. GILBERT, *De magnete*, p. 334 (nous traduisons).

ne dépassent pas le mouvement de la terre et ils ne tombent pas plus en arrière lorsqu'ils sont lancés avec force que ce soit vers l'est ou vers l'ouest.

«Que EFG soit la terre, A son centre, soit LE l'influence ascendante. Comme la sphère d'influence se meut en même temps que la terre, donc les parties de la sphère qui se trouvent sur la ligne droite LE participent imperturbablement à la rotation générale. Sur LE le corps pesant M tombe perpendiculairement vers E, par le chemin le plus court vers le centre; ce mouvement rectiligne de M n'est pas non plus un mouvement composé c'est-à-dire un mouvement résultant d'un mouvement de coercition et d'un mouvement circulaire, mais un mouvement simple et direct qui ne s'éloigne jamais de la ligne LE. Et un objet tiré avec force de E vers F et de E vers G a le même degré dans les deux directions et ce malgré le mouvement diurne de la terre» [(28)].

Comme annoncé, la prise de position de Stevin est plus claire :

«Def. Combien il est notoire à aucuns Astronomes de ce temps, et à plusieurs du siècle sage passé [...] qu'à chaque année la terre fait une révolution alentour du soleil, et joignant cela encores journellement un tour en son propre lieu, toutesfois il semble utile de commencer premièrement par positions feintes, à sçavoir la terre se tenir ferme, comme centre du ciel des estoiles fixes, faisant journellement une révolution alentour de la terre, portant en soy les sept Planètes, lesquelles ont encore chacune leur cours particulier, pour entendre puis après plus aisément le vrai mouvement susdit» [(29)].

Ce texte sous-tend le plan de son *Astronomie*, troisième partie de la *Cosmographie*.

Livre I. *De l'invention du cours des Planètes, et des estoiles fixes, par les Ephémérides observées, le tout fondé*

(28) W. GILBERT, *De magnete*, pp. 340-341 (nous traduisons).

(29) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 95.

> *sur la supposition que le terre est stable ou fixe ; c'est en un mot, sur l'hypothese de terre immobile.*
>
> Livre II. *De l'invention du cours des Planètes, par voye Mathematique, avec l'hypothèse de terre immobile et de la première inegalité.*
>
> Livre III. *De la seconde inégalité où se trouve l'hypothèse de terre mobile de Copernique* (30).

Son ordre des orbes est le même que celui de Copernic

Stevin décrit ses réticences à la lecture de Copernic et comment les explications de Gilbert les ont éteintes.

> «Proposition II. *Déclarer le mouvement de la terre fait en son lieu ; et sa direction magnétique.* – Joignant le cours de la terre de lieu en lieu, d'Occident vers l'Orient, fait un circuit par an, comme a esté dis en la première proposition, elle en a encore deux en lieu l'un est le cours journel sur son axe d'Occident vers l'Orient ; lequel est comme on diroit, d'une pierre à esguiser le fer tournant dans un navire vogant : assavoir que la pierre a mouvement de lieu en lieu par le navire, & un mouvement local sur son axe : l'autre cours (selon Copernique au chap. II. de son premier livre) est, que cependant que la terre fait son cours annuel d'Occident vers l'Orient, elle en fait un autre en lieu au mesme temps au contraire, assavoir d'Orient vers l'Occident, tellement que par là l'axe demeure tousiours parallele, (ou ce qui est tout un) tire vers mesme lieu ; comme si quelqu'un attachoir un festu au centre du carton d'une boussole, parallele à l'axe de la terre ; & icelle boussole soit dans un navire, lequel circuise le fossé d'une ville ronde, il est notoire que la boussole estant emportée du navire aura circuit aussi le fossé de lieu en lieu, mais cependant ladite boussole fera un tour de l'autre costé, contre le cours du navire ; tellement que telle partie que le navire aura fait de son circuit, telle partie la boussole aura-elle fait de son circuit de l'autre costé, demeurant par ce moyen ledit festu tousiours parallele à

(30) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 183.

> l'axe de la terre ; & le mesme s'entendra du cours de la terre en sa voye, laquelle tourne cependant un tour de l'autre costé en lieu, tenant ainsi l'axe vers un mesme lieu : Et je pense que c'est le vray sens de ce que dit Copernique, joinct une figure audit II chap. de son premier livre : mais d'autant que ce mouvement ainsi dit de luy simplement sans aucune raison naturelle, ny demonstration, a esté cause que je ne pouvois de long temps digerer ces deux cours en mesme temps, comme on fait des roüages d'horloges, d'autant que c'est une chose par trop racommodée ; toutefois il devoit estre tel pour convenir au reste : finalement est venu en lumière un livre de Guillaume Gilbert, [de magno magnete Tellure] du grand Aymant terrestre, où il me semble que ce mouvement est à descouvert, & est bien declaré : dont la somme est telle» (31).

On peut comprendre son explication au moyen du dispositif expérimental proposé par Gilbert dans le *De mundo* (32) qu'il a publié en 1651.

Si l'on promène un tel baquet autour d'un centre, une ville nous dit Stevin, lorsque l'ensemble bacquet et ville se trouve dans un champ magnétique comme celui de la Terre, on observe que l'aimant du baquet conserve toujours la même orientation par rapport à l'espace ou au champ magnétique terrestre. Il en résulte que l'aimant a tourné dans le bacquet. Le but de cette expérience est d'expliquer un phénomène décrit par Kepler également, à savoir que l'axe de rotation de la Terre, qui est ici identifié à son axe magnétique par Stevin (33), reste parallèle à lui-même lors du déplacement annuel. L'explication de Stevin a cependant ses limites. Il a raison lorsqu'il parle d'un baquet et d'une ville plongés dans un champ magnétique externe. Mais, si l'on place l'aimant du baquet dans le champ d'un aimant sphérique comme le Soleil, c'est-à-dire si le champ est issu de la ville même autour de laquelle l'aimant et le baquet tournent, ce ne sera plus le cas. Tout le monde connaît l'expérience de la limaille de fer qui matérialise un tel champ. Les parcelles de limaille ne sont pas parallèles entre elles, même sur une même orbite.

(31) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 293.

(32) G. GILBERT, *De Mundo nostro sublunari philosophia nova, opus posthumum authoris fratre collectum pridem & dispositum,* Adam 1651.

(33) Ceci est étonnant car Stevin connaît la déclinaison magnétique comme nous le verrons plus bas.

Relevons deux justifications parmi celles données par Stevin :

> «Prop. III ... Finalement, je diray encore, que du passé j'estois en suspens sur cette matiere ; tenant d'un costé pour regle generale, que tout comprins doit suivre la voye du comprenant, d'où s'ensuivroit que le cours de chacune planete viendroit du meslange des cours des autres planetes qui sont au dessus : & d'autre costé, je voyois advenir le contraire : cecy me faisoit douter, assavoir-mon si les Orbes n'estoyent contigus les uns aux autres, mais errans par l'air, comme les oyseaux à l'entour d'une tour sans que son mouvement attienne à celuy de l'autre ; contre quoy d'autres raisons me reprenoyent : mais estant venu à la cognoissance de la proprieté susdite, que je nomme direction Magnetique, ces douces prindrent fin» [(34)].

Stevin se départit de la conception copernicienne où le comprenant, l'orbite externe, entraîne le compris, l'orbite interne, dans son mouvement par un mécanisme qui s'apparente à la friction. En comparant les orbites aux trajectoires des oiseaux, Stevin rejette toute la machinerie introduite par Copernic pour expliquer le mouvement planétaire. Dans l'esprit de Copernic, non seulement, le mouvement planétaire est réel, mais il s'accompagne de toute une machinerie qui entraîne les orbites et qui a le même degré de réalité. En comparant les planètes à des oiseaux, Stevin considère des orbites qui n'ont pas d'existence propre. Elles sont le chemin parcouru.

Il y a donc deux problèmes différents liés au réalisme : 1) l'héliocentrisme est-il réel ou bien s'agit-il d'une facilité de calcul ? 2) Les orbites font-elles partie d'un mécanisme ou d'une machinerie qui entraîne les planètes, ou ces orbites sont-elles simplement la reconstruction mentale du chemin parcouru par les planètes ? Ce sont des problèmes différents. Si Stevin refuse la matérialité des orbites, il est par contre convaincu de la réalité du mouvement de la Terre :

> «Les raisons pourquoi on croit que l'hypothèse de terre mobile est reèlle et non pas de terre immobile» [(35)].

(34) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 294.

(35) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 292.

Une autre justification donnée par Stevin n'est pas sans rappeler la phrase de Virgile déjà citée par Copernic et qui sera encore reprise par Galilée. Il commence par évoquer les problèmes posés par l'astronomie ptoléméienne :

> «Prop. VI. *Dire des admirations sans merveille de ceux qui supposent la terre immobile*.
>
> «La pluspart de ceux qui entendent & tiennent pour certain la description du cours des planetes de Ptolemée, s'esmerveillent de plusieurs proprietez qu'ils y remarquent: Premierement, que Saturne, Jupiter & Mars en l'opposition du Soleil sont tousiours au plus pres de la terre, & en conjonction au plus loing. Secondement, que leur cours en l'epicycle convient tousiours avec l'excès du cours du Soleil, sur le cours du centre de l'epicycle. Tiercement, que le contraire advient à Venus & Mercure ; car leur cours en l'epicycle n'a pas telle convenance avec le Soleil, mais que le cours de leurs centres d'epicycle y convient : Ce qu'ils tiennent pour une marque singuliere que le Soleil est le principal des planetes, & comme leur Roy, ils semblent vouloir accommoder leurs cours au sien : lesquelles choses adviennent estans fondées sur une theorie erronnée, en l'hypothese de terre immobile. Et d'autant que ceste matiere a grand rapport avec ceux qui n'estans accoustumez de naviguer, attribuent le mouvement de leur navire aux autres, comme lors qu'ils en rencontrent un, estans en bas dans le navire sans voir eau ny terre, s'esmerveillent comment un tel navire va beaucoup plus viste que le leur : Ou bien leur navire faisant un tour, disent que l'autre (lequel possible est coy,) fait un circuit à l'entour d'eux ; je prendray cecy par exemple pour declarer ceste matiere» [36].

La suite décrit merveilleusement les pièges que tendent les mouvements relatifs en reprenant l'idée du mouvement relatif de deux bateaux et en compliquant le système jusqu'à avoir autant de bateaux que de planètes dans le système solaire.

(36) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 296.

«Soyent sept poincts A, B, C, D, E, F, G, sept navires en mer, A l'Admiral à l'anchre, & D circuisant continuellement en cercle, qui comprent au dedans de soy les trois navires A, B, C, & non pas E, F, G ; soit aussi quelqu'un en D, comme spectateur ; lequel, selon qu'il a esté dit cy-dessus, s'imaginera qu'il est coy, & que les autres tournent irregulierement à l'entour de luy ; ainsi que s'esmerveillant comme les mentionnez, dira qu'à chacune fois que l'un des trois navires E, F, G, vient en droite ligne par luy, vers l'Admiral, alors qu'iceluy navire est au plus pres de luy : & au plus loing, estant en droite ligne de l'autre costé de l'Admiral A, combien que leurs cours soit desreiglé : Concluant de là que chacun des trois navires tourne encor en un plus petit cercle par le moyen duquel ils s'approchent & s'ésloignent de luy, s'esmerveillant d'abondant comme leur cours s'accorde & convient en quelque façon avec celuy de l'Admiral : Semblablement que les deux navires C, B, tiennent aussi une regle avec l'Admiral, toutefois contraire aux autres precedens, assavoir que le circuit du plus grand cercle qu'il font à l'entour de D, est égal en temps au circuit de l'Admiral, dit en outre que c'est un signe qu'ils sousmettent leurs cours à celuy de l'Admiral comme leur principal.

«Ce qu'estant ainsi, & qu'un Matelot experimenté le reprenant, & luy responde qu'il s'esmerveille sans cause, veu que son navire, lequel il estime & s'imagine estre coy, est celuy qui circuit continuellement les trois A, B, C, d'où s'ensuit qu'il est autant de fois entre l'Admiral A, & l'un des trois E, F, G, que cestuy-là est plus pres de luy ; & au plus loing, lors que A est entre deux : aussi que ces navires ne tournent pas en petits cercles, & autres cours semblablement singez, qui les fait approcher & esloigner, non plus que B, C, en tels cercles convenans au cours de A, comme il estime : mais qu'on pourroit prendre pour chose contre nature, que ce qui apparoit estre tel à un non experimenté, nesoit en effect autrement» (37).

Pour conclure de manière imparable :

(37) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 296.

> «De mesme en pourroit dire un Astronome experimenté à un apprentis ; changeant seulement les noms, au lieu de A l'Admiral soit le Soleil, & B, C, Mercure et Venus, D, la terre, E, F, G, Mars, Jupiter e & Saturne, selon qu'il a esté dit cy-devant, le reprenant de ce qu'il s'esmerveille pour rien ; & ce qui s'ensuit» (38).

La lecture de Gilbert aide Stevin à admettre le système de Copernic. Gilbert ne s'exprime ouvertement qu'à propos du mouvement diurne, mais, d'après l'opinion de ses compatriotes, il était copernicien.

IV. La poursuite de l'œuvre de Copernic : Brahé et Kepler

Même si l'affirmation «la Terre est un grand aimant» est importante pour le développement de l'astronomie, Gilbert et Stevin ne sont pas les grands théoriciens de l'astronomie. C'est Johannes Kepler (1571-1630), avec l'aide de Tycho Brahé (1546-1601), qui fera faire à cette science de nouveaux progrès.

Le système de Tycho Brahé, hybride, reste géocentrique mais les planètes intérieures, Mercure et Vénus, tournent autour du Soleil. L'importance de ce personnage est en partie due à l'interprétation que Kepler fait de ses très nombreuses observations.

Les premiers travaux de Kepler (39) précèdent ceux que nous venons de considérer. Kepler affirme comme Gilbert et Stevin que «les planètes sont des aimants et qu'elles sont déplacées par le soleil au moyen d'une force magnétique» (40). Les travaux qui contiennent ses grandes découvertes sont de 1609 et de 1619.

Le Soleil attire et repousse les planètes qui restent toujours orientées d'une certaine manière. C'est ce phénomène que Stevin expliquait au moyen de l'aimant placé dans un baquet.

Cette manière de voir conduit Kepler à effectuer deux ruptures importantes avec Aristote et Platon. Tout d'abord, il renonce aux mouvements circulaires. L'affirmation selon laquelle les planètes se meuvent sur des

(38) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 296.

(39) J. KEPLER, *Mysterium cosmographicum*.

(40) J. KEPLER, *Tertius interveniens*, dans *Gesammelte Werke*, p. 154.

ellipses se trouve déjà dans l'*Astronomia nova*. La deuxième loi veut que les aires balayées en un même temps par le rayon vecteur soient égales.

La loi des aires est également en rupture avec Aristote et Platon, puisqu'elle renonce au mouvement uniforme. Les planètes vont plus vite lorsqu'elles sont plus près du Soleil. Selon Kepler, la loi des aires se trouve dans l'*Astronomia nova*, comme il l'affirme dans l'*Harmonices mundi* :

> «Cinquièmement, pour que nous venions aux mouvements entre lesquels sont établies les Harmonies, j'inculque de nouveau au lecteur ce qui a été démontré par moi dans les commentaires au sujet de Mars, à partir des très sûres observations de Brahe, que des arcs égaux du mouvement diurne sur un et même Excentrique ne sont pas parcourus avec une égale rapidité, mais que ces divers délais dans des parties égales d'Excentrique, observent la proportion de leurs intervalles depuis le Soleil, source de mouvement. [...] D'autre part il a été démontré par moi-même en même temps que l'Orbite de la Planète est elliptique, et que le Soleil, source du mouvement, est dans l'un des foyers de cette Ellipse» [41].

La troisième loi est le fruit de la recherche qui fut le moteur de tout le travail de Kepler. En effet, celui-ci voulait trouver une loi qui rende compte des distances entre les planètes. C'est de cette manière qu'il a découvert la loi qui relie leurs périodes.

> «Si tu demandes pour cela des moments précis du temps, elle fut conçue le 8 mars de cette année mille six cent dix-huit, mais infructueusement réduite aux calculs, et par là rejetée pour fausse ; enfin revenue le 15 mai, une nouvelle inspiration étant prise, elle emporta les ténèbres de ma Pensée par une si grande approbation, et de mon travail de dix-sept années dans les Observations Brahéennes, et de cette méditation, s'accordant en un même lieu, que je crus d'abord rêver et pressentir ce qui est recherché parmi les principes. Mais la chose est très sûre et très exacte que la proportion qui est entre les temps périodiques de deux Planètes quelconques ensemble, est faite

(41) J. KEPLER, *Harmonices mundi,* traduction française, p. 305.

positivement une fois et demie la proportion des distances moyennes, ce qui est celle de leurs Orbes mêmes.

(NI) ; pourtant je fais l'essai de ceci, que l'essai de ceci, que la moyenne arithmétique entre les deux diamètres de l'Orbite elliptique serait un peu plus longue que le diamètre (x). C'est pourquoi si quelqu'un à partir de la période par exemple de la Terre, qui est une année, et à partir de la Période de Saturne, de trente années, prenait la troisième partie de la proportion, ce qui est les racines cubiques [des nombres], et faisait le carré de cette proportion, les racines [cubiques] étant élevées au carré, celui-ci possède dans les nombres produits, la proportion très juste des intervalles moyens de la Terre et de Saturne depuis le Soleil» (42).

V. Galilée et la réception de l'œuvre de Copernic

Voilà les éléments scientifiques en place. Quelles sont les réactions. Quelles sont les réticences ?

L'œuvre de Galileo Galilei (1564-1642) joue un rôle central de ce point de vue. Il ne faut pourtant pas oublier que sa conception de l'univers reste celle de Copernic lui-même ou de Stevin. Il n'admet pas les orbites elliptiques proposées par Kepler. Mais son objectif n'est pas de construire un système cosmologique. Son œuvre se situe au niveau des conséquences qu'a ou ne peut avoir l'héliocentrisme sur la mécanique terrestre. Il s'efforce d'exhiber une conséquence de ce mouvement tout en tenant compte du principe de relativité qu'il connait. Par ailleurs, il montre que les conséquences prédites par les Anciens pour anéantir le système héliocentrique sont fausses (43).

Lorsque Galileo publie le *Sidereus nuncius*, c'est-à-dire le *Messager* (ou le message) *des étoiles*, les réactions sont bonnes.

Il déchaîne même l'enthousiasme dans le milieu jésuite du Collège romain. Le 19 avril 1611, le cardinal Bellarmin écrit aux mathématiciens du Collège romain :

(42) J. KEPLER, *Harmonices mundi,* traduction française, p. 306.
(43) Cf. les arguments de Copernic lui-même.

> «Je sais que vous avez connaissance des nouvelles observations célestes faites par un éminent mathématicien au moyen d'un instrument appelé canon ou lunette ; J'ai personnellement vu, au moyen de ce même instrument, des choses merveilleuses concernant la Lune et Venus. C'est pourquoi j'aimerais que vous me fassiez le plaisir de me dire sincèrement votre impression concernant les choses suivantes
>
> 1° Si vous approuvez la multitude des étoiles fixes ; invisibles à l'oeil nu et en particulier de la voie lactée et des nébuleuses qui sont des amas d'étoiles minuscules ;
>
> 2° que Saturne n'est pas une simple étoile, mais trois étoiles jointes ensembles
>
> 3° que l'étoile Venus a des changements de figure, croissantes et décroissantes comme la lune
>
> 4° que la lune a une surface rugueuse et inégale
>
> 5° qu'autour de la planète Jupiter circulent quatre étoiles mobiles et de mouvement différents entre eux et très rapides.
>
> Voilà ce que je voudrais savoir parce que j'en entends parler de manière diverses et que vous comme vous exercez les sciences mathématiques, vous pourrez me dire facilement si ces nouvelles inventions sont bien fondées, ou si elles ne sont qu'apparente et fausse. Si vous le désirez vous pouvez mettre la réponse sur cette même feuille.
>
> De mon domicile, le 19 avril 1611 Frère dans le Christ
>
> Robert Cardle Bellarmino» (44).

La réponse des mathématiciens du collège romain confirme tous les éléments mentionnés par Bellarmin. Il s'agit des observations rendues possibles par la lunette et décrites dans le *Sidereus nuncius.*

Certains ne voulaient pas croire ce que ces lunettes permettaient de voir, c'est-à-dire la rotation des planètes intérieures autour du Soleil, la Terre ne se trouvant jamais entre ces planètes et la Soleil. Ou encore les satellites de

(44) *Le Opere di Galileo*, vol. XI, p. 87 et p. 92 pour la réponse (nous traduisons).

Jupiter, dit autrement, que Jupiter a des lunes comme la Terre a une lune. En fait, ils ne veulent pas croire admettre que la porte s'ouvre vers l'observation du caractère héliocentrique de notre univers. Car si l'on observe ces phénomènes, ils sont réels. Or c'est là que les problèmes vont surgir comme Osiander l'avait prévu. La lettre, datée du 12 avril 1615, de Bellarmin à Foscarini en donne un premier aperçu :

> «1° Je dis que vous êtes prudent vous et le seigneur Galilée de vous contenter de parler par supposition et non en absolu comme il me semble que l'a fait Copernic. Parce que dire que si l'on suppose que la terre se meut et que le soleil reste immobile on sauve mieux les apparences qu'avec les excentriques et épicycle est dire suffisamment et ne cause aucun danger; et ceci suffit au mathématicien: mais vouloir affirmer réellement que le soleil est immobile au centre du monde et qu'il a seulement une rotation sur lui-même d'orient en occident, et que la terre se trouve dans le troisième ciel et tourne a grande vitesse autour du soleil est une chose très dangereuse car elle irrite non seulement tous les philosophes et les théologiens scolastiques mais encore qu'elle risque de nuire à la sainte foi en rendant fausse les saintes écritures [...]» (45).

Le point deux rappelle que les Écritures doivent être prises à la lettre :

> «Et si on me dit que Salomon parle selon l'apparence, et qu'il nous paraît que le soleil tourne alors que c'est la terre qui tourne, comme à celui qui quitte le rivage, il semble que c'est le rivage qui s'éloigne du bateau, je répondrai que celui qui quitte le rivage sait très bien que le rivage semble s'éloigner et n'en reconnaît pas moins qu'il s'agit là d'une erreur qu'il s'efforce de corriger voyant clairement que c'est le bateau qui se meut et non le rivage [...]» (46).

Bellarmin reprend une fois de plus la citation de Virgile qui se trouve chez Copernic. Il s'agit là d'une mise en garde, car il est clair que Galilée croit à la réalité de ce système et c'est même ce qu'il va tâcher de prouver par toute son œuvre. Il écrit à Foscarini :

(45) *Le Opere di Galileo,* vol. XII, p. 171 (nous traduisons).
(46) *Le Opere di Galileo,* vol. XII, p. 171 (nous traduisons).

> «Il est vrai que c'est une chose de démontrer qu'en admettant le mouvement de la Terre et l'immobilité du Soleil, nous pouvons nous représenter tous les phénomènes observés, et que c'est une autre chose que de prouver que cette hypothèse correspond effectivement à la réalité. Mais il n'est pas moins vrai que l'autre système généralement accepté est incapable d'expliquer tous les phénomènes qui se produisent. C'est pourquoi il est absolument faux, et le système vrai ne peut être que celui qui correspond très exactement aux phénomènes» (47).

Peu de temps après, en 1616, le livre de Copernic est mis à l'index et celui de Kepler l'y suit en 1619. Pourtant l'Église revient quelque peu sur sa décision :

> «Le 15 mai 1620 parut un Monitum de la Congrégation de l'Index, permettant la publication de l'ouvrage de Copernic, vu la grande utilité de ce livre, mais avec des corrections dont elle donnait le texte : ces corrections se rapportent surtout aux endroits où l'auteur parle du mouvement de la Terre comme d'une réalité et non d'une hypothèse» (48).

Les mots «vu la grande utilité de ce livre» rendent certainement compte de l'influence de Clavius qui avait besoin de cet appui pour la réforme du calendrier.

Il ne faut pas croire que l'église catholique romaine soit la seule de cet avis. Tout compte fait, la Bible est la même pour les protestants et Stevin n'a jamais été promu à l'université de Leiden, parce qu'il avait publié la défense de Copernic que nous avons évoquée, comme en témoigne la correspondance du recteur de cette université calviniste :

> «20 octobre 1608, Je ne puis excuser Stevin de la même manière. S'il avait suivi l'exemple de Copernic en tous points, je serais d'accord avec vous. Mais l'affaire se présente d'une toute autre façon. Car il y a une grande différence entre le fait de construire une hypothèse et de

(47) *Le Opere di Galileo,* vol. V, p. 369, cité d'après la traduction de B. KOUSNETZOV, *Galilée*, p. 126.

(48) G. MONCHAMP, *Galilée et la Belgique*, note p. 6.

montrer que cette hypothèse est en soi exacte et indubitable et d'en défendre la vérité à force de raisonnements et d'arguments, ce que, d'après ce que d'autres m'ont dit (car personnellement je n'ai pas encore lu l'ouvrage) fait Stevin, alors que Copernic ne l'a jamais fait. Indiscutablement, cela revient à accuser de mensonges le Saint Esprit qui nous parle dans l'Écriture sainte» (49).

VI. Autres thèmes de recherche liés à la volonté de convaincre de la réalité ou non du système de Copernic

La plupart des travaux des physiciens de l'époque tournent autour de sujets qui sont reliés, d'une manière ou d'une autre, à d'éventuelles conséquences de l'héliocentrisme. Il est clair qu'ils n'espèrent pas tous prouver l'héliocentrisme, mais ils désirent le confirmer ou l'infirmer. Ce problème est au centre des préoccupations de tout un siècle. Ce sont souvent les problèmes qui avaient déjà été évoqués par Copernic, Gilbert, Stevin et poursuivis par Galilée.

1. Les comètes

L'un des premiers problèmes dont le siècle se saisit est celui des comètes. Le prolongement de la recherche menée par Galilée dans le *Messager des étoiles* et des découvertes permises par le nouveau télescope, est l'étude des trois comètes qui se présentent en 1618. De très nombreux textes sont publiés à cette occasion. Les uns purement astrologiques, comme celui de Snell qui est pourtant le traducteur de la *Cosmographie* de Stevin, d'autres plus scientifiques, comme ceux que Galilée oppose à Orazio Grassi du Collège romain (50).

Malheureusement, toutes ces études sont fausses. Mais avant de jeter la pierre à ces chercheurs, il faut savoir qu'en 1682 Jacob Bernoulli publie encore un article incorrect à ce sujet (51). Il n'est pas utile d'entrer en profondeur dans l'analyse de ces erreurs, puisque le lien entre les comètes et l'héliocentrisme est évident.

(49) A. GERLO, *Copernic et Simon Stevin*, p. 287.
(50) Les textes des deux auteurs sont publiés dans le vol. VI de l'Ed. Naz.
(51) Jacob BERNOUILLI, *Corramen novi systematis cometarum, pro motu eorum sub calculum revocando & apparitionibus praedicendis*.

De nombreux travaux scientifiques relatifs à ce sujet et datant de cette époque ont disparu. On a ainsi la preuve de l'existence d'une thèse *de Cometis* dirigée par Grégoire de Saint-Vincent (1584-1667), en 1619, ou Charles Malaperte (1581-1630), en 1620, ou encore Gilles-François de Gottignies (1630-1689), en 1668, pour ne mentionner que des Belges.

Le problème posé par les comètes est profond dans la mesure où il s'agit d'un phénomène qui, comme le disait déjà Copernic, relie le monde supra lunaire au monde sublunaire. Les comètes ont des orbites qui sont loin d'être circulaires et pourtant elles se situent dans le monde supralunaire.

2. Les marées

Le problème des marées mobilise l'attention des chercheurs de cette époque. Le premier à l'attaquer est une fois de plus Simon Stevin entre 1605 et 1608 dans sa *Geographie* qui précède l'*Astronomie* dans la *Cosmographie* déjà évoquée (52).

Ce problème est de plus le cheval de bataille de Galilée qui avait d'abord intitulé le *Dialogo* : *Sur le flux ou le reflux de la mer* (53). Il semblerait qu'il ait changé à l'instigation d'Urbain VIII (54). Mais comme il a finalement opté pour *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, on peut mesurer à quel point l'enjeu était bien perçu. La théorie des marées reste le point culminant et occupe la dernière partie de ce livre :

> «Montrons comment la nature (que ce soit in rei veritate ou bien par jeu et comme pour s'égayer de nos élucubrations) a permis que les mouvements attribués depuis longtemps à la Terre pour de tout autres raisons et sans vouloir rendre compte du flux et du reflux de la mer puissent aussi très adéquatement servir de cause à ce phénomène aussi ; en échange, le flux et le reflux viendront confirmer la mobilité de la Terre» (55).

Malheureusement elle est fausse comme toutes les explications qui, avant celle proposée par Newton, ne tiennent pas compte de l'attraction gravifique.

(52) S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 277.

(53) G. GALILÉE, *Dialogo*, introduction de L. SOSIO, p. LXXII.

(54) Cf. L. GEYMONAT, *Galilée*, pp. 170-173.

(55) G. GALILÉE, *Dialogue sur les deux grands systèmes du monde*, p. 405.

Grégoire de Saint-Vincent attribue le phénomène à un déplacement du centre de la Terre. Pour lui, un tel déplacement représente un travail et donc une énergie acquise qui vont lui permettre de rendre compte de ce mouvement des eaux. Il ne reste que quelques feuilles manuscrites à ce sujet. Elles datent probablement de 1640.

Le lien entre les positions de la Lune et les marées avait été remarqué depuis longtemps. Théodore Moretus (1602-1667) va combiner les idées de son maître Grégoire de Saint-Vincent avec une attraction lunaire magnétique pour obtenir quelque chose de finalement assez proche de l'explication newtonienne.

3. Le magnétisme

Les textes de Gilbert et de Kepler montrent que le magnétisme est intimement lié aux problèmes planétaires. Or on observe que bon nombre de gens se mettent à observer la déclinaison magnétique. En 1599, Simon Stevin rassemble les résultats connus de P. Plancius en une table publiée dans *De havenvinding*. L'impératif économique est clair et les rois catholiques l'ont bien compris, eux qui proposent un prix important pour la détermination des longitudes. Il en va de la sécurité des marins et de leur situation en mer. Le baron Jean Charles della Faille (1597-1652) tentera d'enlever le trophée en 1644.

Néanmoins, les deux études font partie d'une même problématique dans le chef des chercheurs.

Au sein de l'ordre des jésuites, par exemple, Gianbattista Riccioli (1598-1671) demande à tous les Père de la Société qui voyageaient beaucoup de mesurer la déclinaison en plusieurs lieux et à plusieurs reprises.

> «Ces Pères élevés dans notre Société et qui au cours de leurs navigations vers les Indes Orientales ou Occidentales, vers la nouvelle France, communiquent beaucoup d'observations dans leurs lettres ou les transmettent aux Pères Kircher, Scheiner, Grienberger ou à nous-mêmes» (56).

Ces mesures sont rassemblées par Athanase Kirscher (1602-1680) en 1641 et par Riccioli en 1661.

(56) J. B. RICCIOLI, *Quibus ascencendi nostrae Societatis Patres, qui ad Indiam Orientalem, aut Occidentalem, Novamve Franciam navigando, non paucas observationes in suis litteris communicarunt, aut etiam ore tenus PP. Kirchero, vel Scheinero, vel Griembergero, vel Nobis.*

4. La statique

Pour nous, la statique est un sujet neutre et éloigné de ces problèmes cosmologiques. À l'époque, il n'en est rien. Lorsque Copernic évoque les arguments avancés par Ptolémée pour justifier le repos de la Terre, il justifie le repos des corps sur Terre et le fait qu'ils ne s'envolent pas comme la pierre de la fronde. Depuis, la compréhension du principe de relativité nous a appris qu'il n'est pas possible de constater ce mouvement.

Mais on peut voir chez Stevin, le fondateur de la statique, que de nombreux problèmes sont vus dans un contexte cosmologique qui nous est totalement inconnu [(57)].

Une autre raison de notre surprise vis-à-vis de tels raisonnements est l'habitude que nous avons de l'ordre de grandeur des objets que nous manipulons et du caractère négligeable de ces grandeurs par rapport au rayon terrestre. C'est d'ailleurs ce que Stevin découvre à propos de cette balance. La longueur du fléau devrait être tellement grande pour que l'on perçoive le non parallélisme des fils suspendus.

Chez Grégoire de Saint-Vincent aussi un simple plan incliné est replacé à l'échelle cosmologique. À ce titre d'ailleurs, il critique la fameuse démonstration de Stevin relative au poids d'un corps sur un plan incliné.

On trouve le même type de réflexions chez Galilée qui n'admet pas l'existence d'un plan horizontal. Pour lui le plan horizontal est une sphère. Et si l'on considère un plan horizontal *stricto sensu*, il forme deux plans inclinés.

Certes, tout ceci ne prouve pas, ni n'infirme, l'héliocentrisme mais montre que de telles préoccupations reste perpétuellement présentes à l'esprit des chercheurs et qu'ils recherchent d'éventuelles conséquences du mouvement de la Terre.

5. La chute des corps

Le problème de la chute des corps avait été annoncé par Copernic et par Gilbert car beaucoup pensaient que ce mouvement serait influencé par une rotation terrestre. Ce problème est également étudié par Grégoire de Saint-Vincent et par Galilée. Grégoire donne dans les thèses de statiques qu'il fait défendre en 1624 l'élément essentiel à la découverte de la loi parabolique.

(57) Cf. S. STEVIN, *Les œuvres mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard*, vol. II, p. 436.

Il affirme que lorsque deux effets se composent, ils le font indépendamment. On peut dire que les deux effets ont une réalité propre, l'un indépendamment de l'autre. Dans ces conditions, il est facile de trouver leur composé. Pour nous qui sommes habitués à la composition vectorielle, il est devenu difficile de percevoir l'importance de cette affirmation.

Moyennant cette indépendance des effets, Galilée arrive à composer deux mouvements et obtient la loi de chute parabolique.

VII. Conclusion

D'autres auteurs interviendront encore, que nous avons dû négliger, comme Descartes et Huygens (58), mais ce n'est que Newton, en 1687, qui mettra un point final à ces diverses occupations et permettra aux chercheurs de se tourner vers d'autres préoccupations.

Newton relie définitivement le monde supralunaire au monde infralunaire en montrant que le mouvement des planètes (étudié par Kepler), celui des comètes et le mouvement de chute des corps dû à Galilée sont en fait de même nature. Newton le montre tout au début du livre III :

> «Supposons plusieurs lunes qui tournent autour de la terre, comme dans le systême de Jupiter ou de Saturne [...]. Maintenant, si la plus proche de celles-ci était très petite, et était assez proche de la terre pour toucher le haut des plus hautes montagnes, la force centripète de cette lune serait à peu près égale au poids de n'importe quel objet terrestre qui se trouverait au sommet de ces montagnes. [...] Et c'est pourquoi la force qui retient la lune sur son orbite est la force que nous appelons communement gravité» (59).

Newton n'illustre pas ce *Scholie*, mais Koestler en donne une image particulièrement parlante.

(58) Jai souligné le rôle de Huygens dans un exposé sur *la réception du Copernicanisme par les Jésuites belges* fait à l'Académie de Bruxelles.

(59) I. NEWTON, *Principia*, scholie de la prop. IV, théor. IV.

Dates importantes

1543	Copernic, *De revolutionibus*
1582	Réforme Grégorienne du calendrier
1600	Gilbert, *De magnete*
1600	Giordano Bruno est brûlé à Rome
1605-1608	Stevin, *Cosmographie*
1607	Comètes
1609	Kepler, *Astronomia nova,* Lois 1 et 2
1610	Galilée, *Sidereus nuncius*
1611	Galilée au Collège romain
1616	Mise à l'index de Copernic
1618	Comètes
1618	Kepler, *Hamonices mundi,* Loi 3
1619	Mise à l'index de Kepler
1620	Permission de l'Eglise de faire appel à l'hypothèse de Copernic
1633	Procès Galilée
1659	Huygens, *Systema saturnium*
1662	Bâle, *Syllabus controversiarum religionis*
	Décrêt contre le Copernicanisme
1677	Jacob Bernoulli adhère à l'héliocentrisme
1687	Newton, *Principia*
1835	Copernic, Galilée et Kepler disparaissent de l'Index.

Bibliographie

I. *Œuvres particulières*

1508-1514 COPERNIC (N.), *Nicolaj Copernicj de Hypothesibus mottum coelestium a se constitutis commentariolus*. [s.l.], [s.d.].

—, *Le* Commentariolus *de Copernic*, dans *Introductions à l'astronomie de Copernic : Le* Commentariolus *de Copernic. La* Narratio prima *de Rheticus* /introduction, traduction française et commentaire de H. HUGONNARD-ROCHE et J.-P. VERDET. – Paris : Albert Blanchard, 1975. – pp. 71-91. – (Collection des travaux de l'Académie internationale d'histoire des sciences ; 21).

1540 RHETICUS (J.), *De libris revolutionum Nicolai Copernici Narratio prima,* Dantzig.

1543 COPERNIC (N.), *De revolutionibus orbium coelestium,* Nüremberg.

—, *Des révolutions des orbes célestes* / traduction, avec introduction et notes, par A. KOYRÉ. – Paris : A. Blanchard, 1970.

1586 STEVIN (S.), *Uytspraeck a. De Beghinselen Der Weeghconst b. De Weeghdaet, c. De Beghinselen Des Waterwichts*. Leiden, François van Raphelengen.

1596 KEPLER (J.), *Mysterium cosmographicum*, Tübingen.

1599 STEVIN (S.), *De Haven-vinding*. Leiden, Christoff van Raphelengen.

1600 GILBERT (W.), *De Magnete*. Londres. – Traduit en anglais par P. F. MOTTELAY en 1893, New York, Dover, 1958.

1603 BRAHÉ (T.), *De mundi aetherei recentioribus phaenomenis*. Prague.

CLAVIUS (Ch., S.J.), *Romani Calendarii a Gregorio XIII p.M. restituti explicatio*. Rome.

1605-1608 STEVIN (S.), *Wisconstige Gedachtenissen, Inhoudende t'ghene daer hem in gheoeffent heeft Den Doorluchtichsten Hoochgheboren Vorst ende Heere, Maurits Prince van Oraengien, Grave van Nassau, ...&c.*. Leiden Jean Bouwensz. – Traduction française partielle par J. TUNING, Leiden, Jean Jacobsz. Paedts, 1605-1608.

1608 *Lettre de Ubbo Emmius, à Sibrandus Lubbertus du 29 septembre 1608*, publiée dans l'article de A. GERLO, *Copernic et Simon Stevin*, in *Ciel et Terre*, novembre et décembre 1953, n°11-12.

1609 KEPLER (J.), *Astronomia nova*, Prage. – *Gesammelte Werke*, vol. III, 1937. Traduction française par J. PEYROUX, Paris : Albert Blanchard, 1979 et 1986.

1610 KEPLER (J.), *Tertius interveniens das ist Warnung an etliche Theologos, Medicos und Philosophos*. Frankfurt am Main. – *Gesammelte Werke*, vol. IV, p. 151.

GALILEO (G.), *Sidereus nuncius*. Venise. – Publié également à Venise, Marsilio, 1993.

1619 KEPLER (J.), *Harmonices mundi*. Linz. – Traduit par J. PEYROUX, Paris : Albert Blanchard, 1980.

1621 KEPLER (J.), *Prodomus dissertationum cosmographicarum, continens mysterium corsmographicum de admirabili proportione orbium coelestium*. 2e édition, Francfort. – Traduit en français par A. SEGONDS, Paris : Belles Lettres, 1982.

1632 GALILEO (G.), *Dialogo sopra i due massimi sistemi del mondo,* Florence. – Publié également à Torino, Einaudi, 1970. Traduit en français par R. FRÉREUX et F. DE GANDT, Paris : Éditions du Seuil, 1992.

1634 STEVIN (S.), *Les Œuvres Mathematiques De Simon Stevin de Bruges, le tout reveu, corrigé, & augmenté par Albert Girard,* Leiden, Bonaventure et Abr. Elzevier.

1638 GALILEO (G.), *Discorsi e dimostrazioni matematiche intorno a due nuove scienze allenenti alla mecanica e i movimenti locali,* Leiden. – Traduit par M. CLAVELIN chez Armand Colin.

1651 GILBERT (W.), *De Mundo nostro sublunari philosophia nova, opus posthumum authoris fratre collectum pridem & dispositum,* Amsterdam.

1661 RICCIOLI (J.B.), *Geographiae et Hydrographiae reformatae,* Bononiae.

1682 BERNOULLI (Jacob), *Conamen novi systematis Cometarum, pro motu eorum sub calculum revocando & apparitionibus praedicendis,* Amstelaedami.

1687 NEWTON (I.), *Philosophiae naturalis principia mathematica,* Londres.

II. *Éditions complètes*

COPERNIC (N.), *Complete works translation and commentary by Ed. Rosen.* Varsovie/Cracovie : Académie des sciences de Pologne, 1978.

GALILEO (G.), *Le Opere di Galileo* / ed. A. FAVARO. – Florence : Edizione Nazionale, 1890-1909.

KEPLER (J.), *Gesammelte Werke* / ed. M. CASPAR und Fr. HAMMER. – München : C.H. Beck'sche Verlagsbuchhandlung, 1937.

III. *Littérature secondaire*

GERLO (A.), *Copernic et Simon Stevin*, in *Ciel et Terre*, nov.-déc. 1953, n°11-12, pp. 277-288.

GEYMONAT (L.), *Galilée* / traduit de l'italien par F.M. ROSSET. – Édition Complexes, 1983.

KOESTLER (A.), *Les Somnambules : Essai sur l'histoire des conceptions de l'univers* / traduits de l'anglais par G. FRADIER. – Calmann-Lévy.

KOUZNETSOV (B.), *Galilée* / traduit et révisé par M. ROUZÉ. – Éditions Mir, 1973.

KOYRÉ (A.), *Attitude esthétique et pensée scientifique,* dans PANOFSKY (E.), *Galilée critique d'art* / traduit de l'anglais et préfacé par N. HEINICH ; suivi de *Attitude esthétique et pensée scientifique* / par A. KOYRÉ. – Paris : Les Impressions Nouvelles, 1992.

MONCHAMP (G.), *Galilée et la Belgique*. – Saint-Trond 1892.

PANOFSKY (E.), *Galilée critique d'art*, dans PANOFSKY (E.), *Galilée critique d'art* / traduit de l'anglais et préfacé par N. HEINICH ; suivi de *Attitude esthétique et pensée scientifique* / par A. KOYRÉ. – Paris : Les Impressions Nouvelles, 1992.

Étiqueter ou définir
Le réalisme dans la nomenclature chimique aux XVIIe et XVIIIe siècles

Brigitte Van Tiggelen
Conférencière à l'Université catholique de Louvain

La question du réalisme se trouve au cœur de la façon qu'a l'homme de science de nommer les objets qu'il étudie. Aux Temps Modernes, le problème de la désignation, du choix de tel ou tel terme ne se pose pas comme au XIIIe siècle, lors de la querelle du nominalisme. Ce que la science des XVIIe et XVIIIe siècles vise dans le processus de dénomination, ce n'est plus l'essence de l'objet d'étude, mais une définition aussi rigoureuse et univoque que possible. Dans le cas de la chimie, science de l'analyse et de la synthèse, il paraît évident que cette définition passe par l'indication des différents composants d'une substance. Cette démarche suppose l'identification des substances constitutives et des processus de combinaison, identification qui est loin d'être atteinte au début du XVIIe siècle, lorsque la chimie émerge en tant que discipline savante autonome, en marge de l'alchimie, de la minéralogie et des techniques métallurgiques entre autres [(1)]. Aussi constate-t-on deux siècles durant, jusqu'à la publication de la *Méthode de nomenclature chimique* en 1787 [(2)], que la désignation des substances interpelle les chimistes contemporains, et ce sur deux plans au moins. D'une part, la plupart des auteurs de traités ou mémoires s'attachent à préciser des dénominations anciennes ou à forger un terme pour un produit nouveau; il s'agit d'une préoccupation que l'on pourrait qualifier de «pragmatique», préoccupation qui se manifeste au coup par coup. D'autre part, des réflexions plus générales apparaissent aussi quant à la manière de désigner le plus adéquatement les substances en général, et ces réflexions recèlent presque toujours des interrogations épistémologiques sur un savoir, une pratique en quête d'un statut scientifique.

(1) O. HANNAWAY, *The chemist and the word*, et M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 76-93.

(2) L.B. GUYTON DE MORVEAU, A.L. LAVOISIER, Cl. BERTHOLET et A.F. FOURCROY, *Méthode de nomenclature chimique*. On trouve ce texte en fac-similé dans B. BENSAUDE-VINCENT, *À propos de nomenclature chimique*, version malheureusement épuisée.

Parler de nomenclature chimique évoque immanquablement l'ouvrage célèbre de la *Méthode* qui a déjà été mentionné. Tout comme le *Traité élémentaire*, cette œuvre est considérée comme fondatrice de la chimie moderne. Les principes émis et appliqués dans la nomenclature de 1787, et la plupart des termes proposés, restent en usage deux siècles plus tard. De surcroît, cette réforme du langage introduit de fait une cassure dans l'histoire de la chimie, ne fût-ce que du point de vue de l'accessibilité des textes antérieurs. Il serait tentant de n'y voir qu'une preuve supplémentaire du génie avant-gardiste de celui qui fut si vite surnommé le père de la chimie moderne. Mais, parmi les trois co-auteurs, Lavoisier (1743-1794) avait au moins un répondant : Guyton de Morveau (3) qui, dès les débuts de sa carrière en chimie fut préoccupé de répandre précision et uniformité dans la terminologie en usage.

À première vue, la nomenclature défendue par Guyton de Morveau, Lavoisier, Berthollet (4) et Fourcroy (5) semble plus proche de la réalité, et il est tentant d'en inférer que cette adéquation explique son succès. L'objectif de cette contribution est de souligner au contraire l'existence d'une filiation, d'un contexte qui explique l'émergence de la nouvelle nomenclature, et en même temps de tenter de comprendre en quoi consiste sa singularité par rapport aux tentatives précédentes. Cette contribution débutera dès lors assez naturellement par une présentation de la nomenclature chimique des Temps Modernes à travers ses origines diverses, pour souligner ensuite les manifestations d'insatisfaction des contemporains à ce sujet. Le problème devient particulièrement aigu au XVIIIe siècle, qui voit d'ailleurs apparaître plusieurs tentatives de systématisation et de classification. Les principes de nomenclature énoncés par Guyton et Bergman (6)

(3) Louis Bernard Guyton de Morveau (1737-1816), magistrat jusqu'en 1782, date à laquelle il se démet de ses fonctions pour ne plus s'occuper que de chimie. Il donne des leçons publiques à l'Académie de Dijon. Phlogisticien convaincu, il est converti au début de 1787, avant l'établissement de la nouvelle nomenclature chimique. Après la Révolution, il fut professeur à l'École polytechnique.

(4) Claude Louis comte de Berthollet (1748-1822), docteur en médecine, il rentre à l'Académie des sciences en 1780. Nommé à la direction des teintures, il découvre les propriétés décolorantes de l'eau de Javel. Il fonde, avec Monge, l'École polytechnique dont il sera professeur. Retiré à Arcueil, il crée avec Laplace la «Société d'Arcueil».

(5) Antoine François comte de Fourcroy (1755-1809), professeur de chimie au Jardin du Roi en 1784. Sous la Révolution et l'Empire, il réorganisa l'enseignement et fut professeur de chimie à l'École polytechnique dès son ouverture en 1794.

(6) Torbern Olaf Bergman (1735-1784), chimiste suédois. Il obtient en 1775 le nickel à l'état pur ; il distingue le magnésium du manganèse dans leurs oxydes et isole le tungstène en 1782. Il obtient l'acide oxalique en 1776, étudie les acides lactique et mucique. Il est l'auteur de tables d'affinité, les plus complètes qui aient été publiées.

seront l'objet d'une analyse plus approfondie, avant d'aborder les aspects originaux de la *Méthode de nomenclature*.

I. Origine des noms donnés aux substances chimiques

La chimie hérite d'une terminologie hétéroclite, parce qu'elle est elle-même au confluent de plusieurs traditions [(7)]. Faire de l'alchimie seule l'ancêtre de la chimie moderne est une conception historiographique aujourd'hui dépassée. Aux origines cependant, c'est-à-dire aux III[e] et IV[e] siècles de notre ère, les langages alchimiques et chimiques se confondent, de même que chimie et alchimie. Encore faut-il prendre le terme «alchimie» dans son acception globale, en ce sens qu'à côté de la partie philosophique et mystique, existe une partie plus technique dont certains procédés ou manipulations seront repris dans les traités de chimie.

On trouve aussi, aux origines de la chimie, un corps de connaissances pratiques plus ou moins étayées par des considérations plus théoriques. Un lot de recettes destinées au teinturier, au verrier, au distillateur, au tanneur... draine des termes marqués par l'usage. Parmi ces savoirs pratiques, la métallurgie forme au XVI[e] siècle un corps particulièrement cohérent du point de vue de la désignation. Enfin, grâce à Paracelse [(8)] et à l'iatrochimie, la chimie parvient au statut de discipline enseignée en Faculté de médecine, et des composés minéraux jusque-là écartés de l'arsenal thérapeutique y sont adjoints [(9)].

Nommer c'est alors avant tout désigner, le but est d'identifier une substance par rapport à une autre : étiqueter des bocaux renfermant des substances sur les étagères du laboratoire de l'alchimiste, de l'apothicaire ou d'un artisan. Le plus souvent cette dénomination est basée sur l'apparence extérieure, qu'il s'agisse de caractéristiques physiques ou, plus rarement, de propriétés chimiques ; parfois sur d'autres considérations encore, telles la provenance ou les vertus médicinales prétendues. Au cours du temps,

(7) Pour l'histoire de la nomenclature chimique jusqu'à la Renaissance, se référer à D. GOLTZ, *Studien zur Geschichte der Mineralnamen in Pharmacie, Chemie und Medizin von den Anfängen bis Paracelsus*. Voir aussi M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, le chapitre consacré à Georgius Agricola aux pp. 76-93.

(8) Philippus Aureolus Theophrastus Bombastus von Hohenheim, ss. le pseudonyme Paracelse (1493-1541), médecin et alchimiste suisse, il mena une vie de médecin nomade, mettant en cause les autorités médicales tels Galien et Avicenne. Il fut officier de santé à Bâle en 1527.

(9) Cf. D. GOLTZ, *Studien zur Geschichte der Mineralnamen in Pharmacie, Chemie und Medizin von den Anfängen bis Paracelsus.*

différents critères ont été utilisés. Ces principes de dénomination, qui seront brièvement présentés ci-après afin de mieux établir l'état de la terminologie chimique aux Temps Modernes, ont été classés, suivant les regroupements opérés par M.P. Crosland, dans ses magistrales *Historical studies in the language of chemistry* [10]. Les catégories énumérées ci-dessous s'en inspirent, mais ne prétendent en aucun cas représenter des cloisonnements stricts entre les divers critères de dénomination [11]. Il n'existe pas un enchaînement chronologique des différents systèmes de désignation, même si, dans les débuts, les chimistes et les alchimistes recourent naturellement à la couleur, alors que le processus d'obtention constitue un aspect plus typique des XVIIe et XVIIIe siècles.

1. Couleur

En alchimie, les couleurs servent à composer des «Decknamen», des surnoms plus ou moins symboliques. On rencontre le vent jaune pour le soufre, tandis que le sulfate de fer est représenté par le lion vert. Les composés colorés d'un certain nombre de métaux et semi-métaux (fer, cuivre, arsenic...) reçoivent naturellement des désignations qui reprennent ces caractéristiques : précipité rouge du mercure *–precipitate per se–* pour l'oxyde de ce métal. Les termes rappelant la couleur s'inspirent aussi des substances plus communes : c'est ainsi que l'on peut croiser des métaphores culinaires tel que le lait de chaux (hydroxyde de calcium en suspension), ou *hepar antimonii*, foie d'antimoine (sulfure d'antimoine fondu). Enfin, la couleur mentionnée n'a parfois rien à voir avec la substance elle-même, mais caractérise la couleur apparaissant dans une réaction ou un usage particulier : l'*atramentum sutorium*, qui a pour effet de noircir le cuir, est vert à l'état naturel (il s'agit de sulfate de fer, éventuellement impur, avec du sulfate de cuivre natif).

2. Consistance et forme

A. *Consistance*

La viscosité des acides et alcalis extrêment réactifs les associe au terme d'huile : *oleum vitrioli*, huile de vitriol, pour l'acide sulfurique concentré, ou

(10) M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, nous fournit les exemples cités dans la suite de cette contribution. Une sorte de dictionnaire des termes anglais et latins utilisés en chimie avant 1787 a été compilé par J. EKLUND, *The incompleat chymist*.

(11) M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, pp. 68-113, procède d'ailleurs par regroupements plus lâches et moins structurés encore.

encore huile de tartre pour carbonate de potassium concentré. Les chlorures déliquescents de métaux ayant une apparence de beurre sont systématiquement appelés ainsi : on trouve *butyrum antimonii*, beurre d'antimoine, pour oxychlorure d'antimoine, de même que beurre d'étain, beurre de zinc ou beurre d'arsenic. Les oxydes volatils sont caractérisés par le terme fleur : fleur de zinc ou fleur de phosphore –aujourd'hui encore, les chimistes parlent de fleur de soufre pour le soufre obtenu par condensation brusque des vapeurs de soufre, c'est-à-dire du soufre sublimé.

B. *Forme*

L'attention portée à la constitution cristalline des sels débute au XVIIe et connaît au XVIIIe siècle un épanouissement avec l'investigation systématique des composés neutres (12). *Terra foliata tartari* ou terre foliée de tartre désigne une forme cristalline de l'acétate de potassium se présentant en feuilles. De même, le chlorure d'argent qui se présente sous forme d'aiguilles courbes est appelé *luna cornea*. Propriété connue pour certains composés (sel commun, alun, nitre), elle devient mode de désignation de substances proches, mais distinctes. L'exemple le plus éclatant est celui du nitre cubique (nitrate de sodium) et nitre commun (nitrate de potassium, en forme d'épingle) ou encore nitre cubique et nitre prismatique, distinction opérée par Marggraff (13) dans ses opuscules publiées en 1762.

3. Odeur et goût

A. *Odeur*

N'importe quel étudiant se souvient de l'odeur d'œufs pourris typique du sulfure d'hydrogène. Pas étonnant donc que Scheele (14) l'ait baptisé, en

(12) F.-L. HOLMES, *Eighteenth-century chemistry as an investigative enterprise*, pp. 33-59.

(13) Andreas Sigismund Marggraff (1709-1782), chimiste allemand. Fils d'apothicaire, il reçut l'enseignement de C. Neumann. Membre de l'Académie des sciences de Berlin en 1738, et directeur du laboratoire de chimie de cet établissement, il obtint le sucre de betterave à l'état solide. Il découvrit l'acide formique, les anhydride et acide phosphoriques, et fut réputé pour être le meilleur analyste de son époque.

(14) Carl Wilhelm Scheele (1742-1786), chimiste et pharmacien suédois. Protégé de Bergman, il refuse une chaire à Berlin pour se retirer à Köping. Il eut une activité débordante dans tous les domaines de la chimie. Il isola les acides tartrique, urique, lactique, malique, gallique et mucique. Il découvrit l'acide fluorhydrique et fluosilicique, l'hydrogène arsenié, l'acide cyanhydrique. Il isola l'hydrogène en 1768, l'oxygène en 1773 et le chlore en 1774.

1774, du nom d'air sulfureux puant. De même, le sel urineux désigne chez Macquer [15], en 1766, un sel d'ammonium dégageant une odeur d'urine putréfiée ; on rencontre aussi le terme latin *aer urinosum*. Le choix de ce sens pour caractériser une substance est lié en grande partie à l'identification des gaz qui seront surtout étudiés et analysés dans la seconde moitié du XVIIIe siècle ; pour ces substances, le sens du goût n'est évidemment plus d'aucune utilité.

B. *Goût*

Le choix du goût, et plus loin de l'odorat, ramène une fois encore la chimie à la cuisine : «On disait huile de vitriol, beurre d'antimoine, foie de soufre, crème de tartre et sucre de Saturne ; les chimistes semblaient avoir emprunté le langage des cuisiniers» [16]. Sans mentionner les procédés et les fourneaux qui invitent eux aussi à la comparaison. Les distinctions opérées selon le goût seront longtemps effectives, parce qu'elles ont l'avantage d'être sélectives. L'acétate de plomb doit son nom de sucre de plomb ou sucre de Saturne à sa saveur caractéristique ; de même, goûter le mercure –exercice dangereux pour la santé !– permettait de différencier le mercure doux –*mercurius dulcis*– du mercure corrosif –*mercurius corrosivus*–, ce dernier comportant une plus grande proportion de métal. Le terme sel recense, depuis le XVIIe siècle, davantage que les substances salées, puisqu'il y a en marge des sels neutres, les sels acides et alcalis. Le goût continue cependant au XVIIIe siècle, avec la solubilité, à constituer un critère de différenciation. C'est d'ailleurs grâce à la différence de saveur entre les sels de potassium et les sels de sodium que Duhamel [17] arrive à établir, en 1736, que le potassium et le sodium sont deux alcalis distincts [18].

4. Son

Quoique rarement, l'identification des métaux pouvait se baser sur la sonorité rendue lorsqu'on les heurtait. L'étain (*tin*) se distingue ainsi du

(15) Pierre Joseph Macquer (1718-1784), chimiste français. Docteur en médecine, il devint professeur au Jardin du Roi, et membre de l'Académie des sciences en 1745. Il étudia l'arsenic et le bleu de Prusse entre autre choses. Il est l'auteur du *Dictionnaire de chymie* et des *Elements de chimie* qui remplacèrent les traités de Lemery et Boerhaave.

(16) J.B. DUMAS, *Leçons sur la philosophie chimique*, p. 277.

(17) Henri Louis Duhamel du Monceau (1700-1782), ingénieur et agronome français. Membre de l'Académie des sciences en 1732, il prépara le premier la soude pure en 1736.

(18) Les cristaux de ces sels sont aussi de forme différente, mais cette caractéristique n'est retenue que plus tard dans le siècle, cf. *supra*. Voir aussi le chapitre sur la chimie des sels dans F.-L. HOLMES, *Eighteenth-century chemistry as an investigative enterprise.*

plomb, parfois aussi appelé *plumbum stridens*, au début des Temps Modernes.

5. Association des métaux avec les planètes

L'un des apports les plus connus de l'alchimie à la terminologie de la chimie réside dans l'association des métaux avec les planètes. Cette correspondance astrologique remonte probablement aux chaldéens, et varie longtemps avant d'être fixée comme suit : or-Soleil, argent-Lune, mercure-Mercure, cuivre-Vénus, fer-Mars, étain-Jupiter, plomb-Saturne. La série, calquée sur la représentation cosmologique par ordre d'éloignement de la Terre, véhicule l'ordre imaginaire de la transmutation, du métal le plus vil au métal noble par excellence : l'or. Cette belle concordance fut brisée lors de la découverte de l'antimoine, du bismuth et du zinc dans le courant du XVIe siècle. Le statut métallique leur est longtemps dénié : ils sont considérés comme des «altérations» de l'étain et du plomb. Ce qui permet à Macquer de parler, en 1758, du huitième métal pour désigner le platine, qui vient d'être isolé.

Les chimistes utilisent, dans leurs ouvrages, les symboles astrologiques correspondants jusqu'à la fin du XVIIIe siècle, usage souvent interprété à tort comme la preuve d'une filiation directe et exclusive de l'alchimie (19). Ainsi, Lemery ridiculise cette concordance dans son *Traité de Chymie* de 1697 et n'en use pas moins dans le cours de son texte. Mais c'est surtout dans la dénomination des composés que les noms des planètes se maintiennent : il n'est pas rare de rencontrer vitriol de Lune (sulfate d'argent) ou safran de Mars –*crocus martis*– (oxyde de fer) au siècle des Lumières. Fourcroy, dans un cours édité en 1788 qui défend la nouvelle théorie de Lavoisier et la nouvelle nomenclature, appelle le carbonate de fer craie martiale. L'influence de l'alchimie se retrouve aussi dans des termes plus métaphoriques : *lac virginis*, ou lait de vierge, pour carbonate de plomb en suspension. En marge de la part philosophique et souvent ésotérique de l'alchimie s'est développée une partie plus technique : distillation, usage du feu, etc., qui lègue à la chimie des termes décrivant processus et préparations types : alcahest pour liquides corrosifs, magistères se référant aux recettes de certains maîtres. Le sens original de ces expressions est assez vite perdu et, dès la fin du XVIIe siècle, la majorité des noms issus de l'alchimie sont abandonnés.

(19) M. BERETTA, *The role of symbolism from alchemy to chemistry*, dans M. BERETTA, *The enlightenment of matter,* pp. 347-352 le démontre, en ne se basant toutefois que sur les sources imprimées.

6. Noms de personnes

L'intégration de noms propres dans la terminologie se réfère à la réussite d'une préparation de la substance, ou à la première utilisation fructueuse en pharmacie. La poudre d'Algaroth, l'oxychlorure d'antimoine, n'est pas un terme d'alchimie, mais tient son nom de Vittorio Algarotto, médecin véronais de la fin du XVIIe siècle ; le fameux *sal mirabile Glauberi* représente le sulfate de sodium que Glauber [20] fut le premier à préparer. Le nom de ce célèbre chimiste se retrouve aussi dans une autre préparation, celle du sulfate d'ammoniac : sel secret ammoniaque de Glauber ou *sal ammoniac Glauberi*. Lorsque plusieurs chimistes obtiennent, par des voies différentes, un même produit, celui-ci se voit affublé d'une double dénomination : *liquor fumans Boylii* et *spiritus Beguini* [21]. Les auteurs des traités ultérieurs ont fort à faire pour éliminer ce genre de doublet à coup de démonstrations expérimentales.

7. Noms de lieux

Indiquer la provenance géographique permet de préciser de quelle substance il est question et dans quel état de pureté elle est supposée se trouver ; ainsi *stannum anglici* –étain d'Angleterre–, dont la qualité est reconnue depuis l'Antiquité. L'Espagne, voie d'entrée de l'alchimie, revient fréquemment dans la terminologie du début des Temps Modernes. Le vert d'Espagne désigne l'acétate ou le carbonate de cuivre. Le nom du lieu peut aussi évoquer le premier endroit où le composé fut distingué ; le bleu de Prusse ou bleu de Berlin –ferrocyanure de fer– fut d'abord étudié à l'Académie de Berlin au début du XVIIIe siècle, tandis que l'acide suédois –acide hydrofluorique– est observé lors des analyses des différentes sortes de gaz par Scheele en 1771 et ainsi baptisé par Priestley [22].

(20) Johann Rudolf Glauber (1604-1670), chimiste et pharmacien allemand qui s'intéressa aux applications médicales de la chimie. Autodidacte, il installa son laboratoire à Amsterdam où il revint après avoir séjourné à Kitzingen. Il prépara de nombreux chlorures métalliques et découvrit, en 1758, le sulfate de sodium.

(21) Jean Beguin, chimiste français du XVIIe siècle. Il découvrit le calomel, chlorure de mercure utilisé comme purgatif et désinfectant, et publia le premier traité de chimie en langue française, loué pour sa clarté. Il fonda une école et un laboratoire de chimie à Paris.

(22) Joseph Priestley (1733-1804), chimiste anglo-américain. Nommé membre de la Royal Society en 1767, il combina sa carrière de scientifique avec celle de ministre d'un culte protestant dissident. Ses travaux sur les différentes sortes d'air débutèrent en 1772 et sont à l'origine du développement de la chimie pneumatique. Il émigra aux États-Unis en 1791. Il resta jusqu'à sa mort un phlogisticien convaincu. Il publia aussi d'importants travaux sur l'électricité.

8. Vertus médicinales

Les vertus médicinales supposées de certains composés sont utilisées dans la désignation des substances chimiques. Ceci explique l'emploi de toute une série d'adjectifs tels que purgatif, sédatif, fébrifuge, émétique, diurétique, digestif. Dans cette perspective, le sulfate de potassium est du sel fébrifuge et l'acétate de potassium, du sel diurétique –*sal diureticus*. La plupart de ces adjectifs sont utilisés à plusieurs reprises, ce qui ne manque pas de provoquer des confusions, tout en suscitant des réserves quant à l'efficacité thérapeutique. Il arrive toutefois que des remèdes soient désignés de façon très spécifique : *sal prunellæ* (un mélange de sulfate et de nitrate de potassium) était indiqué pour une amygdalite purulente de couleur prune !

9. Mode de préparation

Les termes «fleur de» et «précipité de» se réfèrent déjà à des procédés d'obtention bien précis : condensation des fumées d'un solide qui a été calciné ou distillé pour l'un, et précipitation pour l'autre. Une substance obtenue lors d'une réaction de double décomposition porte les noms des ingrédients, même si ceux-ci ne figurent plus nécessairement dans la substance en question –*spiritus veneris*–, esprit de Vénus, figure l'acide sulfurique obtenu par distillation de sulfate de cuivre ; il ne contient donc plus de cuivre. De même, *mercurius vitæ*, qui est un mélange d'oxychlorure et d'oxyde d'antimoine, ne contient pas de mercure.

II. Lacunes et faiblesses de la nomenclature

Les chimistes eux-mêmes n'étaient pas satisfaits de cette nomenclature quelque peu hétéroclite. Tout d'abord, des substances identiques pouvaient porter des noms différents selon le degré de concentration ou le mode de préparation, et des substances différentes portaient parfois le même nom. Ainsi, selon le procédé d'obtention, l'acide sulfurique est dénommé *spiritus vitrioli* s'il est obtenu par distillation, et *spiritus sulfuris* s'il est obtenu par condensation des fumées de soufre brûlant dans l'eau. Sous sa forme concentrée, on l'appelle *oleum vitrioli*. Il en va de même pour l'esprit de nitre et l'eau forte, *aqua fortis*, soit respectivement l'acide nitrique en basse et haute concentration. Inversement, le nitre recouvre jusqu'au début du XVIIIe siècle aussi bien le nitrate de sodium que celui de potassium. Plus troublant encore pour le praticien : l'eau forte représente parfois la soude caustique, ou encore l'esprit de vin.

Le travail lent et fastidieux de rectification d'appellations induisant en erreur dura presque deux siècles. Le but est d'accorder à un corps un seul nom, et qu'à des noms différents correspondent bel et bien des corps différents. Cette élimination des doublets dans l'un et l'autre sens, s'effectue au cas par cas, au gré des expériences nouvelles éparpillées dans les cours de chimie. Il s'agit donc bien dans ce cas d'étiqueter, c'est-à-dire de faire correspondre *un* nom à *une* substance chimique.

Cette attitude critique vis-à-vis de la terminologie touche parfois à des points plus fondamentaux encore : les principes de désignation. Ainsi Lemery [(23)] remarque, à la fin du XVIIe siècle, que la couleur ne constitue pas une caractéristique fondamentale de la substance chimique : on peut changer l'antimoine noir en chaux blanche. Boyle (1627-1691) déjà avait considéré la couleur comme une qualité secondaire et Kunckel [(24)] insiste au début du XVIIIe sur le fait que la nature chimique d'un corps ne peut être inférée de sa seule couleur [(25)]. Il s'agit en effet d'une qualité purement accidentelle. La couleur possédait toutefois l'avantage de mesurer un certain degré de pureté ; l'on songe bien sûr aux acides minéraux ; autre exemple : le terme cendres de perles était réservé à la forme la plus pure et la plus blanche de carbonate de potassium obtenue à partir de cendres de plantes.

De semblable manière, la consistance et la forme –à l'exemple de la viscosité de l'acide sulfurique concentré–, l'odeur et le goût pouvaient servir à désigner un état de concentration ou de pureté avec une précision certes parfois relative. L'utilisation de noms de personnes ou d'indications thérapeutiques occultait l'identité d'un seul produit sous diverses appellations ; il fallut ainsi établir dans les traités l'équivalence entre la «liqueur fumante de Boyle» et l'«esprit de Beguin», qui n'est autre que le polysulfure d'ammonium. Les noms de lieux, quant à eux, s'ils permettent l'établissement de qualités plus ou moins standardisées, véhiculent avant tout la notion d'étrangeté. Il est significatif par exemple que peu de noms ressortissent au territoire germanique, alors que c'est dans ces mines que la métallurgie et la chimie puisèrent tout d'abord matière et expérience. Enfin, on l'a vu par les exemples donnés en tête de chapitre à propos de l'acide sulfurique, la

(23) Nicolas Lemery (1645-1715), pharmacien et chimiste français. Natif de Rouen, il vint à Paris en 1666 pour travailler avec Glaser puis dirigea une officine à Montpellier. Il entama là-bas des leçons de chimie qu'il poursuivit de retour à Paris en 1672. Son *Cours de Chymie* eut un succès tel qu'il connut plusieurs rééditions jusqu'en 1759.

(24) Johann Kunckel (1630-1703), pharmacien et chimiste allemand. Fils d'un verrier alchimiste, il servit en tant qu'apothicaire et droguiste pour divers aristocrates avant d'être nommé ministre des mines par Charles XI de Suède.

(25) M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, pp. 72-73.

référence au processus d'obtention d'une substance incluse dans sa dénomination pose elle aussi des problèmes d'identification.

Les réflexions sur la nomenclature progressent donc de concert avec les résultats des recherches sur la composition des corps. Nombre de discussions sur les appellations apparaissent en effet au moment où la composition est précisée ou totalement élucidée. Ainsi Boerhaave [26] ajoute *antimonii* au terme de *mercurius vitæ* qui désigne un mélange d'oxyde et d'oxychlorure d'antimoine, après avoir constaté qu'il ne contient pas de mercure mais bien de l'antimoine. En fait, le chlorure ou l'oxyde de mercure ne servent qu'à l'obtention du composé.

Parallèlement s'exprime une volonté de systématisation : des corps présentant des caractéristiques chimiques ou physiques semblables reçoivent ou doivent recevoir des noms semblables ; l'exemple du terme «beurre» pour les chlorures déliquescents a été mentionné plus haut. De la même façon, les composés oxychlorés ou chlorés des métaux reçurent le terme de cornés : *plumbum corneum* –plomb corné–, *bismuthum corneum*, etc, au point qu'en 1773, Baumé [27] explique dans son traité de *Chymie Experimentale et Raisonnée* que cette dénomination décrit les métaux combinés à l'acide marin –acide chlorhydrique. Le même auteur désigne, sur le modèle de la terre foliée de tartre, l'acétate d'ammonium par terre foliée animale, et l'acétate de sodium par terre foliée crystallisée. Lorsque cette similitude se retrouve jusque dans les constituants, ceux-ci interviennent clairement dans la dénomination : le cas le plus éclatant est celui des vitriols de Macquer, dont il sera question plus loin.

Le problème ne se limite toutefois pas à la détermination exacte des constituants, détermination qui aboutirait immanquablement à définir le corps plutôt qu'à seulement l'étiqueter. La chimie pose depuis ses débuts la question de la pureté des substances. Celles-ci se trouvent naturellement à l'état de mélange. Il ne s'agit pas seulement de décomposer, mais aussi de purifier. Selon Crosland, le procédé d'obtention fut le mode de dénomination

(26) Herman Boerhaave (1668-1738), médecin et chimiste hollandais. Professeur à Leyde, il formait à lui tout seul une faculté, enseignant aussi bien la médecine que la chimie et la botanique. Ses traités firent autorité dans d'autres institutions d'enseignement. Il fut élu à la Royal Society en 1730. Sa théorie des menstrues le classe dans les iatromécanistes.

(27) Antoine Baumé (1728-1804), pharmacien et chimiste français. Apothicaire et droguiste, il fonde avec Macquer un cours de chimie et entre en 1773 à l'Académie des sciences. Il est l'auteur d'un grand nombre de mémoires pour le *Dictionnaire des Arts et Métiers*. Industriel ruiné par la Révolution, il reste attaché à la théorie du phlogistique jusqu'à sa mort.

qui amena le plus de confusion, car il arrivait que les substances citées dans le nom ne soient là qu'à titre de catalyseur ou de réactif sans être une composante du corps ainsi désigné. Le chimiste des Temps Modernes se heurtait ainsi au phénomène de double décomposition [28]. Il ne s'agit là que d'un désavantage apparent, puisque ce mode de désignation présente par ailleurs l'avantage de décrire une substance dans un état plus ou moins déterminé de pureté ou de concentration. L'usage de noms rappelant des procédés d'obtention, la provenance ou un personnage se ramène en réalité à l'imposition de standards.

III. La crise du XVIIIe siècle et les tentatives de systématisation

Dès le début du XVIIe siècle, il y a des voix pour reconnaître l'indéniable supériorité des noms basés sur la composition et les précédents exemples de rectification d'appellation indiquent que les chimistes firent des efforts en ce sens. Tout s'accélère subitement à la moitié du XVIIIe siècle. La question de la nomenclature devient cruciale lorsque les chimistes découvrent et isolent de nouveaux éléments, caractérisent mieux les composés, ou encore en forment de nouveaux. Entre autres, les substances terreuses et les alcalis sont différenciés : les chimistes du siècle des Lumières parlent de terre calcareuse, terre argileuse, terre silicieuse, terre pesante,... ainsi que d'alcali fixe végétal (potasse), d'alcali fixe minéral (soude) et d'alcali volatil (ammoniac). À ces spécifications accumulées dans la première moitié du XVIIIe siècle, s'ajouteront les différentes sortes d'air isolées et caractérisées dans le dernier tiers du siècle, ainsi que de très nombreux acides organiques (acide formique, acide citrique, acide oxalique, acide malique, acide succinique...). Les auteurs, par souci de précision, en arrivent parfois à désigner les composés chimiques par des locutions très longues qui décrivent les ingrédients et parfois le mode de composition : *argentum acido salis solutum et mineralisatum* pour du chlorure d'argent, ou encore *terra calcarea acido vitrioli saturata seu mixta*, soit du sulfate de calcium.

Assez systématiquement, la composition est donc reflétée dans l'appellation, et cette ligne de conduite est grandement facilitée par le fait que le problème de la nomenclature se pose cette fois à l'inverse de ce qui se passait précédemment. Il n'est plus question de critiquer une étiquette parce qu'un chimiste a acquis une connaissance plus fine ou plus exacte de la composition, mais de baptiser une substance qu'à partir d'éléments bien définis, le chimiste a synthétisé dans son laboratoire. La démarche de désignation touche dès lors à une réflexion plus fondamentale sur la compo-

(28) M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, p. 88.

sition et sur les substances constitutives des autres, les substances élémentaires.

Les efforts en matière de nomenclature sont au confluent de quatre courants qui nourissent l'évolution de la chimie au XVIIIe siècle : l'évolution des pharmacopées, les travaux sur les sels et leur dénomination, la chimie pneumatique et enfin les tendances classificatoires qui se manifestent dans les sciences naturelles.

1. La pharmacopée et ses réformes

La chimie fut, dans ses débuts académiques, fort liée à la confection des drogues et médicaments. Dans cet exercice, les apothicaires des villes étaient le plus souvent surveillés par une corporation de médecins sur base de pharmacopées locales ou régionales. Les textes décrivant à la fois la qualité des ingrédients et les recettes ont eu un rôle influent dans l'évolution de la terminologie. Dans la première moitié du XVIIIe siècle, un grand nombre de pharmacopées furent révisées, et le souci d'écarter les drogues néfastes, d'inclure de nouvelles préparations, se double d'une attention portée au choix des termes pour désigner les substances chimiques. M.P. Crosland a souligné combien la réforme de la pharmacopée londonienne a eu une incidence sur les réflexions des auteurs qui s'occuperont particulièrement de terminologie [29]. Par ailleurs, à un niveau plus modeste, les révisions des pharmacopées régionales ou urbaines développaient chez les apothicaires un intérêt pour la précision et la systématisation dans la nomenclature. Ceci explique en grande partie pourquoi la *Méthode* fut si bien accueillie dans ces milieux, alors même que les progrès accomplis grâce à la nomenclature de 1787 ne leur permettaient toujours pas de désigner la plupart des substances organiques complexes dont ils usaient [30].

2. La nomenclature des sels

La nomenclature des sels proposée par Rouelle [31] en 1744 et 1755 joue

(29) La traduction française effectuée en 1761 et 1771, entre autres par P.-J. Macquer, est approuvée par l'Académie des sciences de Paris : *Pharmacopée du Collège Royal des Médecins de Londres*, vol. I, Paris, 1761 ; vol. II, Paris, 1771. Cf. M.P. CROSLAND, *Historical Studies in the language of chemistry*, pp. 94-96 et pp. 116-118.

(30) A.-C. DERÉ, *L'évolution des sciences pharmaceutiques à Nantes pendant la Révolution : Regards sur la corporation des apothicaires nantais et ses activités (1791-1803).*

(31) Guillaume-François Rouelle, dit Rouelle l'ainé (1703-1770), apothicaire et chimiste français. Il organise dès 1737 des leçons publiques de chimie ; devenu membre de

(à suivre...)

un rôle crucial et souvent méconnu. Les recherches sur les sels sont liées à la constitution de tables d'affinité. Ces tables rangent par ordre d'affinité chimique décroissante les substances mises en présence de celles indiquées en tête de colonne, c'est-à-dire que l'une de ces substances unie à celle indiquée comme tête de colonne se verra délogée de cette combinaison par la ou les substances qui sont situées au dessus d'elle dans cette même colonne (32). Plus globalement, cette première tentative de dénomination systématique utilise un résultat théorique connu empiriquement depuis plus d'un siècle : acide plus base –alcali ou terre– donne sel. Cette classe de composés invite donc naturellement à une nomenclature binomiale (33). Il suffit, pour caractériser un sel, d'indiquer l'acide et la base à partir desquels il est produit. La grande innovation de Rouelle est donc de définir un composé par la réaction qui lui donne naissance (34). Là aussi, Rouelle s'inscrit dans une tradition qui s'impose timidement depuis le début du XVIIe siècle. Le terme *tartarus vitriolatus* apparaît dès 1609 et Neumann (35) étend systématiquement aux autres composés du potassium cette même logique de dénomination : plus tard au XVIIIe siècle, apparaîtra ainsi *tartarus citratus* (citrate de potassium) (36). Il n'est pas innocent que cette systématique apparaisse d'abord dans des travaux sur les sels.

La nomenclature de Rouelle possédait bien sûr ses limites. L'une d'elles tient à la difficulté de rebaptiser des substances connues depuis fort longtemps, comme *sal ammoniac* (chlorure d'ammonium), alors que d'autres sels ammoniacaux sont décrits plus précisément (sel ammoniacal nitreux pour nitrate d'ammonium, sel ammoniacal vitriolique pour sulfate d'ammonium).

(...suite)
l'Académie des sciences en 1744, il continue ses démonstrations au Jardin du Roi. Il étudia surtout les sels et les acides minéraux. N'ayant publié aucun traité par souci de conserver certaines manipulations secrètes, son enseignement n'est connu qu'indirectement et fait l'objet de conjectures historiques.

(32) La table de J.Ph. de Limbourg a été étudiée par M. GOUPIL, *J.Ph. de Limbourg et la théorie des affinités chimiques*. Le premier tableau publié en 1718-19 par Geoffroy sera suivi d'un grand nombre d'autres durant la seconde moitié du XVIIIe siècle, cf. A.M. DUNCAN, *Some theoretical aspects of Eighteenth-Century tables of affinity* et M. GOUPIL, *Du flou au clair? Histoire de l'affinité chimique*, pp. 133-146. Voir aussi B. VAN TIGGELEN, *Charles van Bochaute et son abrégé des affinités et combinaisons chimiques, 1777*.

(33) *Mémoires sur les sels neutres, dans lequel on propose une division méthodique* et *Mémoires sur les sels neutres*.

(34) M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, p. 132.

(35) Caspar Neumann (1683-1737), pharmacien et chimiste allemand. Il dirigea une distillerie et une brasserie en plus d'une officine, avant de partir pour Londres comme assistant d'un médecin hollandais et de revenir à Berlin avec le titre d'Apothicaire de la Cour.

(36) M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 134-135.

C'est Macquer le premier qui, dans son *Dictionnaire de Chymie* paru en 1766, propose un lien sémantique systématique entre la dénomination d'un sel et celle de l'acide qui le produit –le sel vitriolique à base d'argent est du vitriol d'argent :

> «Il serait à propos de donner la même dénomination de vitriol à tous les sels vitrioliques à base métallique, et de nommer par exemple *vitriol d'or* le sel vitriolique composé d'acide vitriolique et d'or ; *vitriol d'argent* ou *vitriol de lune* le sel résultant de l'union de ce même acide avec l'argent, et ainsi pour les autres. Peut-être même conviendrait-il de comprendre sous le nom général de vitriol, les sels vitrioliques quelconques» (37).

Par extension, Macquer utilise les termes «nitre de», «sel marin de» (chlorure), «sel phosphorique de», «sel ammoniacal de»..., etc. Grâce à son système, il en vient même à donner des noms à des composés qui ne sont pas encore connus, mais dont l'existence lui paraît, à raison, tout à fait vraisemblable. Il arrive que Macquer cite aussi la base à partir de laquelle le sel est produit, mais dans ce cas le nom est remplacé par une phrase descriptive, ainsi sel acéteux à base d'alcali marin pour acétate de sodium, ou encore nitre à base terreuse calcaire pour nitrate de calcium (38).

L'autre limite tient à l'extension de la nomenclature des sels à toutes les substances et préparations chimiques connues : toutes ne sont pas issues de la combinaison de deux substances plus simples. Dans la *Méthode*, l'introduction de radicaux acidifiables résoud en partie la difficulté.

3. L'influence de la botanique et de la minéralogie

La moitié du XVIIIe siècle voit l'émergence d'une autre nomenclature, particulièrement importante, celle que Linné (1707-1778) établit pour la

(37) [P.J. MACQUER], art. *Vitriols* dans *Dictionnaire de Chymie*, vol. III, p. 629. Voir aussi art. *Acide vitriolique*, dans *Dictionnaire de Chymie*, vol. I, p. 38 où Macquer, resté dans l'anonymat en tant qu'auteur de cet ouvrage, se cite comme auteur de cette proposition. Il avait en effet recommandé le terme acide vitriolique dans ses *Elemens de Chymie Théorique*, p. 38.

(38) W.A. SMEATON, *The Contributions of P.-J. Macquer, T.O. Bergman and L.B. Guyton de Morveau to the reform of chemical nomenclature*, ainsi que M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, pp. 136-138 et M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 134-136. Les dénominations de Macquer sont adoptées par Baumé, cf. W.A. SMEATON, *op. cit.*, p. 89.

botanique. Ses deux ouvrages, *Critica botanica* en 1737 et *Systema naturæ* en 1758-1759 furent critiqués en France par Buffon (1707-1788). Il fallut attendre Jussieu (1748-1836) pour que la nomenclature linnéenne soit utilisée ouvertement dans ce pays [39]. Par contre, elle eut une influence directe sur Bergman, chimiste suédois, qui s'attela à la rédaction d'une nomenclature chimique systématique. Celui-ci eut Linné pour professeur d'histoire naturelle et fut impressionné par l'efficacité de la nomenclature botanique qui permettait d'effectuer des références rapides et univoques, tout en gardant des noms plus triviaux afin de ne pas troubler trop l'esprit des botanistes en activité. L'abréviation de descriptions fastidieuses était rendue possible par l'adoption d'un système de classification basé sur les parties sexuelles des plantes. Le choix du latin permettait de maintenir le caractère binomial de la désignation : un nom pour le genre, un nom pour l'espèce. L'influence de la botanique se conjugue, on le voit, à la tendance manifestée en matière de nomenclature des sels [40].

La tendance classificatoire est typique du XVIIIe siècle, et la science des fossiles, c'est-à-dire tout ce qui est inanimé et issu de la terre, n'échappe pas à la règle [41]. Il y eut des tentatives de description systématique et organisée dès 1758, par Cronstedt [42] en Suède. Elles seront suivies par les classifications basées sur la forme et l'apparence des cristaux [43], classifications fondées par Romé de l'Isle [44] et d'Haüy [45]. Ces nomenclatures restent en général très discrètes et, de surcroît, ces sytèmes classificatoires ne tiennent longtemps pas compte du principal problème que rencontrent le chimiste : la répartition du simple et du complexe. En effet, dans leurs

(39) H. DAUDIN, *De Linné à Jussieu : Méthodes de la classification et idée de série en botanique et zoologie (1740-1790)* reste l'ouvrage de référence sur la question.

(40) M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 28-71.

(41) M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 93-106.

(42) Axel Fredrik Cronstedt (1722-1765), chimiste et minéralogiste suédois, il étudie les mathématiques à l'université d'Uppsala et la chimie métallurgique à l'École des Mines. Il découvre le nickel en 1754 et pose les bases d'un système de classification minéralogique en 1758.

(43) L'attention aux formes cristallines engage des académiciens tels que Romé de l'Isle et Haüy à tenter une classification du règne minéralogique sur cette base. Cf. H. METZGER, *La genèse de la science des cristaux*.

(44) Jean-Baptiste Louis Romé de l'Isle (1736-1790), minéralogiste français. Il énonça la première loi de la cristallographie sur la constance des angles et publia, en 1772, un *Essai de cristallographie*. Critique à l'égard de Buffon, ce dernier l'écarta de l'Académie des sciences.

(45) René Just d'Haüy (1743-1822), élu à l'Académie des sciences en 1783, et titulaire de la chaire de minéralogie à la Faculté des sciences de Paris après la Révolution. Il découvre l'anisotropie des cristaux et l'existence d'éléments de symétrie. Il est considéré comme le fondateur de la cristallographie.

ébauches de classification, les minéralogistes, tout en reconnaissant l'importance de la chimie pour expliquer les combinaisons diverses présentes dans les minerais extraits, n'y font pas appel systématiquement et n'en tirent pas un principe de classification. Ce qui importe davantage pour eux, c'est de distinguer les éléments du règne minéral tels qu'ils se présentent. L'influence des classifications minéralogiques se retrouve donc avant tout dans l'esprit général des systèmes de classification chimique, et dans les noms retenus.

4. La chimie pneumatique

Cette appellation désigne la partie de la chimie qui étudie, dans la deuxième moitié du XVIIIe siècle, les gaz. Son apport essentiel est la découverte et l'isolation d'un nombre considérable de substances gazeuses. Il faut les nommer et les dénominations choisies rentrent difficilement dans l'une ou l'autre des catégories énumérées ci-dessus. Ces dénominations sont en effet basées sur des considérations que l'on pourrait qualifier de chimiques, qu'il s'agisse de caractérisation par des réactions typiques ou selon un présupposé théorique. L'air inflammable (hydrogène) détonne lorsqu'on en approche une flamme, tandis que l'air déphlogistiqué (oxygène) représente la fraction de l'air débarassée de son phlogistique, c'est-à-dire du principe inflammable. Le fait que ces dénominations ne puissent être classées dans l'un ou l'autre des modes de désignation distingués ci-dessus indique à suffisance que quelque chose a changé dans la façon dont les chimistes parlent de leur science.

Les recherches dans le domaine des gaz furent longtemps considérées comme le détonateur de la «révolution chimique». Elles constituèrent en tout cas le point de départ des considérations de Lavoisier sur les trois états de la matière (solide, liquide ou gaz) selon la quantité de calorique combinée. Dès 1774, les notes de laboratoire de Lavoisier insistent sur cette différenciation en usant des termes «aériforme» et «en liqueur». Durant ses recherches, à la même époque, Lavoisier éprouve aussi des difficultés à qualifier ce qui plus tard devait s'appeler oxygène. Doutant déjà de l'existence du phlogistique, le terme d'«air déphlogistiqué» ne pouvait bien sûr lui convenir. Aussi parle-t-il d'«air pur», d'«air éminemment respirable», d'«air, plus air que l'air commun», périphrases qui marquent bien sa difficulté à dire ce dont il s'agit. Le nom de «principe oxigine» –principe générateur d'acidité–, plus tard «oxygène», n'apparaît qu'en 1779, lorsqu'il est sûr de l'avoir distingué de tous les autres corps aériformes par une propriété chimique précise.

IV. La nomenclature en quête de principes généraux de classification

Jusqu'ici, la tendance à la systématisation avait fait opérer des regroupements parmi les substances d'apparence similaire, qui s'étaient d'ailleurs révélés être de composition similaire. Il s'agit plus simplement de conférer à des choses semblables des noms semblables, et cela suppose une classification préalable rendue tout à fait indispensable par l'explosion du nombre des substances chimiques connues. Bien plus que les classifications cependant, les chimistes se posent le problème des règles du langage, celui de la définition des termes utilisés dans la langue scientifique. Sur ce point, l'étape décisive sera franchie par Bergman et Guyton de Morveau.

Bergman, plutôt naturaliste et physicien à l'origine, vient à la chimie par la minéralogie et fait ses classes avec le célèbre *Dictionnaire* de Macquer [46]. Nommé en 1767 à la chaire de minéralogie, il s'attèle à partir de 1775 à une description des sels en les caractérisant par leurs acides. Dans son travail sur la magnésie blanche, il étudie successivement tous ses sels avec les acides connus et les décrit au moyen des adjectifs suivants : *aerata* (combiné avec l'acide carbonique), *vitriolata, nitrata, salita* (chloré), *forminata*..., généralisant en cela les habitudes prises depuis longtemps pour les tartrates et les sulfates : *tartratum, vitriolatum*. Inspiré par la nomenclature binomiale de Linné et celle de Macquer, particulière aux sels vitrioliques, il classifie les sels sur base des principes suivants :

1° la base fournit le genre, l'acide l'espèce. Ce dernier est exprimé sous forme adjective *nitratus*, *vitriolatus* et sous forme de nom s'il y a excès d'acide (il systématise ainsi lexicographiquement certaines inspirations de Macquer) ; ainsi on dira *tartareum potassi* au lieu de *tartareum potassinatum* si la combinaison présente un degré d'acidité plus grand ;

2° dans le nom des substances simples, un mot doit recouvrir une chose, les noms de découvreurs et de lieux doivent être exclus et si la substance n'est pas suffisamment caractérisée chimiquement, il est préférable de retenir un nom qui ne reflète rien plutôt que d'induire en erreur. En d'autres termes, tout contenu théorique doit être évité («air pur» ou «air vital» –oxygène– est préférable à «air déphlogistiqué», «alcali prussien» –acide cyanhydrique– vaut mieux qu'«alcali phlogistiqué») ;

3° une nette préférence doit être accordée aux racines issues de la langue morte («barote» pour «terre pesante»), même si les noms traditionnels sont

(46) M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, retrace ces ancrages pp. 138-142.

à conserver le plus possible. Le génie de la langue (latine) doit être respecté pour ne pas offenser l'oreille : «Finally, I aim at giving denomination to things, as agreeable with the truth as possible» (47).

Avec Bergman, les réflexions sur la nomenclature en chimie prennent bel et bien un autre tour. Le chimiste suédois se rend compte qu'une nomenclature systématique est impossible sans une classification qui la fonde. C'est sur ce point que la classification des sels intervient de façon cruciale. Cependant, il se heurte assez vite au problème des mixtures ou des composés minéralogiques naturels qui par leur constitution non dualiste empêchent le recours à une désignation binomiale. L'influence de la minéralogie se dénote aussi dans les noms qu'il propose pour les terres et les métaux (48). Ses propositions de 1782, dans la *Sciagraphia Regni Mineralis*, seront quelque peu révisées dans les *Meditationes de systemata Fossiulium Naturali. De Fossilibus Denominandi* de 1784, et ceci sous l'influence de Guyton de Morveau dont il sera bientôt question. Entre autres, il inverse l'ordre d'énumération de l'acide qu'il place en premier et de la base qu'il place en seconde position. Dans cette concession faite à Guyton, on peut voir également une concession à la linguistique française, sans autre contenu théorique d'ailleurs.

Dès 1773, Guyton de Morveau critique la terminologie, et dès ce moment la nomenclature semble être la grande préoccupation de sa chimie. On savait depuis longtemps que ce qui s'appelait antimoine était en réalité un mélange de soufre et d'antimoine (suflure d'antimoine). Et pour cette raison, il avait fallu trouver un autre nom pour l'antimoine pur : la régule d'antimoine. Guyton propose que le terme «antimoine» soit substitué à «régule d'antimoine» et qu'il en soit fait de même avec les autres semi-métaux tels l'arsenic. Il profite de la tribune offerte par l'article *Hepar* dans l'*Encyclopédie* pour affirmer deux principes qui guideront ses considérations ultérieures : il ne peut y avoir d'interaction des termes de chimie avec le langage ordinaire et les langues mortes fournissent le plus adéquatement des termes sans équivoque (49). Il remplace le terme «foie de», attribué à certains composés de couleur rouge, par le terme «hépar» qui, étant d'origine latine, ne peut évoquer, selon lui, aucune métaphore qui induirait en erreur. Sur ce point, il prend ses distances par rapport au principe de commodité

(47) T.O. BERGMAN, *De Indagando vero (On the Investigation of the Truth)*, dans *Opuscula physica et chemica*, vol. I, p. XIV, trad. par E. CULLEN, sous le titre de *Physical and chemical essays*, vol. I, Londres [J. Murray] ; Edimbourg [W. Creeck], 1784, p. XXXVII.

(48) M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, pp. 147-148.

(49) L.B. GUYTON DE MORVEAU, art. *Hepar*, dans l'*Encyclopédie*, suppléments, vol. III, p. 347.

et d'usage que Bergman avait hérité de Linné: par pragmatisme sans doute, il semblait inutile à ces deux derniers savants de vouloir réformer des habitudes bien ancrées qui ne prêtent pas à confusion ou à l'incompréhension. Il traduit les œuvres de Bergman, entre autres les *Opuscules* de 1779 où ce savant suédois expose son système de dénomination binomiale des sels [(50)]. Le passage au français lui fait inverser l'ordre : acide puis base. Par exemple *magnesia vitriolata* ne devient pas «magnésie vitriolée» mais «vitriol de magnésie». L'influence de Macquer est nette, bien que non avouée.

Le bien-fondé des critiques et des déclarations de Guyton fut en quelque sorte désavoué par sa propre incohérence dans l'emploi de termes. Les constatations faites sur ce dernier point par Romé de l'Isle obligèrent pratiquement le chimiste dijonnais à s'atteler à la confection d'un système général de nomenclature chimique [(51)]. Son *Mémoire sur les dénominations chimiques, la nécessité d'en perfectionner le système et les règles pour y parvenir* fut publié en mai 1782. Dès son introduction, il insiste sur le fait qu'il ne prétend pas, à lui tout seul et de sa propre initiative, réformer le langage de la chimie, mais qu'il espère ainsi répondre aux critiques et inciter en même temps à la réflexion sur ce point : «Je sais, écrit-il dans son mémoire, qu'il n'y a que la convention qui puisse fixer la valeur des termes...». L'état du langage traduit selon lui l'état de la science, et la chimie a tout particulièrement besoin de l'aide d'un langage approprié puisque chaque substance est susceptible d'un grand nombre de combinaisons. Son argumentation se poursuit en soulignant que l'augmentation du nombre de substances connues est telle qu'il oblige en quelque sorte les chimistes à une systématisation dans l'art de désigner. Après avoir exposé les exemples les plus parlant pour convaincre ses collègues de l'urgence d'une telle démarche, il expose les principes sur lesquels il faudrait asseoir cette réforme de la *lingua chimica*.

Ces principes sont fort proches de ceux établis par Bergman, dont d'ailleurs Guyton se recommande à plusieurs reprises : jusqu'à un certain point, il présente ses conclusions comme l'adaptation et le raffinement de la nomenclature de Bergman. La divergence entre Guyton et Bergman ne se marque pas au plan des principes qui se répondent, mais bien sur celui de l'application. Guyton, bien qu'il professe la supériorité des langues mortes, adapte le choix des radicaux au français et les décline dans l'esprit de cette langue. Lorsque ces radicaux doivent être forgés, il préfère le grec au latin prôné par Bergman. Il inverse, on l'a vu, l'ordre de l'acide et de la base,

(50) T.O. BERGMAN, *Opuscules chimiques et physiques*, 1780-1785.

(51) Incohérence signalée, dès 1954, par W.A. SMEATON, *The contribution of P.J. Macquer, T.O. Bergman...*, qui répercute les critiques des contemporains.

dans la description binomiale des sels, écarte les noms «vulgarisés», même si leur usage est attesté, et leur préfère des noms nouveaux, «scientifiques», c'est-à-dire, selon lui, davantage en conformité avec la nature des choses. Enfin, l'utilisation d'une langue vivante l'oblige à de nombreuses exceptions dans les suffixes indiquant la partie acide des sels ou dans la forme syntaxique accordée aux bases (noms ou adjectifs), alors que le latin avait permis à Bergman de suivre cette règle sans trop souffrir d'exception.

Son mémoire considère les trois alcalis qu'il nomme potasse (alcali fixe végétal), soude (alcali fixe minéral) et ammoniac (alcali volatil). Les terres reçoivent les noms d'alumine, de magnésie, de barote et de quartz (cf. p. 180). À ces terres correspondent les adjectifs «alumineux», «calcaire», «magnésien», «barotique» et «quartzeux» qui apparaissent dans les différentes combinaisons possibles de ces bases avec les acides. Pour les acides, Guyton procède de même en inventant ou modifiant les termes. Là aussi à chaque adjectif (acide arsenical) correspond le nom (arseniate) qui permettra la nomenclature des sels (arseniate de potasse par exemple). Le *Mémoire* s'achève sur un tableau récapitulatif et exemplatif qui permet d'inférer le nom des sels à partir des nouveaux termes choisis pour les acides (ill. n°1). Une fois de plus, le terrain d'essai de la nomenclature, là où la nouvelle terminologie doit faire ses preuves, se situe dans la chimie des sels.

Le travail de Guyton publié dans les *Observations de physique* connut un franc succès et fut applaudi par la plupart des chimistes contemporains [(52)]. Macquer, dont Guyton s'était assez largement inspiré, tout en le citant moins que Bergman, félicita ouvertement le chimiste dijonnais. Responsable de la traduction des œuvres de Scheele [(53)], Guyton en profita pour utiliser sa nomenclature ; deux nouveaux acides, l'acide prussique (acide cyanhydrique) et l'acide succinique (un acide organique), furent baptisés par lui. Bergman, dans ses travaux de 1784, s'inspire largement du *Mémoire* de 1782 et y fait souvent référence [(54)].

(52) Entre autres, cet article suscita d'autres tentatives de nomenclature ; ainsi celle, originale et peu connue, de Charles van Bochaute, professeur de chimie à Louvain et membre de l'Académie de Bruxelles, cf. B. VAN TIGGELEN, *La méthode et «les Belgiques» : L'exemple de la nomenclature originale de Charles van Bochaute*, à paraître dans les actes du colloque *Lavoisier in European context*.

(53) C.W. SCHEELE, *Mémoires de Chymie*, 1785. La majeure partie de la traduction fut effectuée par Mme Picardet, qui épousa Guyton en 1798.

(54) Des réflexions historiographiques récentes basées sur la correspondance encore inédite entre Guyton et Kirwan montrent néanmoins que Bergman eut davantage d'influence sur Guyton, plutôt que l'inverse qui avait été présumé jusqu'ici, cf. M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 148-149.

TABLEAU DE NOMENCLATURE CHYMIQUE,

Contenant les principales dénominations analogiques, & des exemples de formation des noms composés.

RÈGNES.	ACIDES.	*Les Sels formés de ces Acides prennent les noms génériques de*	BASES *ou substances qui s'unissent aux Acides.*	EXEMPLES *pour la classe des Vitriols.*	EXEMPLES *pris de diverses classes.*
Des trois Règnes.	Méphitique *ou* Air fixe.	Méphites.	Phlogistique.	Soufre vitriolique *ou* soufre commun.	Soufre méphitique *ou* Plombagine.
	Vitriolique	Vitriols.	Alumine *ou* Terre de l'argille.	Vitriol alumineux *ou* Alun.	Nitre alumineux.
	Nitreux	Nitres.	Calce *ou* Terre calcaire.	Vitriol calcaire *ou* Sélénite.	Muriate calcaire.
Minéral.	Muriatique *ou* du sel marin.	Muriates.	Magnésie.	Vitriol magnésien *ou* Sel d'epsom.	Acète de magnésie.
	Régalin.	Régaltes.	Barote *ou* Terre du Spath pesant.	Vitriol barotique *ou* Spath pesant.	Tartre barotique.
	Arsenical	Arseniates.	Potasse *ou* Alkali fixe végétal	Vitriol de potasse *ou* Tartre vitriolé.	Arseniate de potasse.
	Boracin *ou* sel sédatif	Boraxs.	Soude *ou* Alkali fixe minéral	Vitriol de Soude *ou* Sel de Glauber.	Borax de Soude *ou* Borax commun.
	Fluorique *ou* du spath fluor.	Fluors.	Ammoniac *ou* Alkali volatil	Vitriol ammoniacal.	Fluor ammoniacal.
			Or	Vitriol d'or.	Régalte d'or.
	Acéteux *ou* Vinaigre	Acètes.	Argent.	Vitriol d'argent.	Oxalte d'argent.
	Tartareux *ou* du Tartre.	Tartres.	Platine	Vitriol de platine.	Saccharte de platine.
	Oxalin *ou* de l'Oseille	Oxaltes.	Mercure	Vitriol de mercure.	Citrate de mercure.
Végétal.	Saccharin *ou* du Sucre	Sacchartes.	Cuivre	Vitriol de cuivre *ou* Vitriol de Chypre.	Lignite de cuivre.
	Citronien *ou* du Citron	Citrates.	Plomb	Vitriol de plomb.	Phosphate de plomb.
	Lignique *ou* du Bois.	Lignites.	Etain	Vitriol d'étain.	Formiate d'étain.
			Fer	Vitriol de fer *ou* Couperose verte.	Sébate martial.
	Phosphorique	Phosphates.	Antimoine (*au lieu de* Régule d')	Vitriol antimonial.	Muriate antimonial *ou* Beurre d'antimoine.
Animal.	Formicin *ou* des Fourmis	Formiates.	Bismuth	Vitriol de bismuth.	Galacte de bismuth.
	Sébacé *ou* du Suif	Sébates.	Zinc	Vitriol de zinc *ou* Couperose blanche.	Borax de zinc.
	Galactique *ou* du Lait	Galactes.	Arsenic	Vitriol d'arsenic.	Muriate d'arsenic.
			Cobalt	Vitriol de cobalt.	Saccharte de cobalt.
			Nickel	Vitriol de Nickel.	Formiate de Nickel.
			Manganèse	Vitriol de manganèse.	Oxalte de manganèse.
			Esprit-de-vin	Ether vitriolique.	Ether lignique *ou* Ether de Goettling, &c. &c. &c.

N. B. Lorsque les acides particuliers déjà entrevus dans la molybdène, l'étain, &c. seront plus connus, on en formera les noms d'acide *molybdique* & *molybdes*, d'acide *stannique* & *stannes*, &c. Il en sera de même des nouvelles bases. Le nouveau demi-métal trouvé par M. Bergmann dans les fers cassans, pourra être nommé *sydérotète*, caché dans le fer.

Les soufres & les éthers deviennent eux-mêmes noms de genres, & se distinguent par l'épithète de l'acide.

Les noms de ces bases, ou leurs adjectifs, ajoutés aux substantifs qui indiquent les genres des acides, forment les dénominations exactes, comme on le voit dans les exemples suivans.

Les dix-huit acides, les vingt-quatre bases & les produits de leur union, forment ainsi quatre cents soixante-quatorze dénominations claires & méthodiques, indépendamment des *hépars* ou composés à trois parties, dont les noms viennent encore dans ce système, comme *hépar de soude*, *hépar ammoniacal*, *pyrite d'argent*, &c. &c.

Illustration n°1.
Tableau de nomenclature chymique tiré du *Mémoire sur les dénominations chymiques* [...], dans *Observations sur la Physique*, t. XIX, 1782, p. 382.
By kind permission of the Syndics of Cambridge University Library.

V. Une méthode de nommer

Guyton affirmait que l'état d'une science se trahissait dans l'état de son langage. Il visait par là à améliorer avant tout la communicabilité des résultats [55]. Pour Lavoisier, le langage est bien plutôt une algèbre : il est un outil de pensée :

> «Les langues n'ont pas seulement pour objet, comme on le croit communément, d'exprimer par des signes, des idées et des images : ce sont, de plus, de véritables méthodes analytiques, à l'aide desquelles nous procédons du connu à l'inconnu, et jusqu'à un certain point à la manière des mathématiciens [...]» [56].

Aussi lorsqu'en 1787, Guyton vient discuter à l'Arsenal de la nouvelle théorie antiphlogistique, l'entreprise de réforme de la nomenclature prend une tournure nouvelle. Jusque là les nomenclatures de Bergman et de Guyton n'avaient pour but que d'être descriptives, et bien que ce dernier auteur ait été phlogisticien convaincu, il avait tenté d'évacuer tout contenu théorique de sa classification des substances. Mais une classification des sels, si détaillée soit-elle, ne suffisait pas. Pour construire une véritable nomenclature, il était nécessaire d'établir une liste univoque et définitive des substances les plus simples et de leur mode de composition. Sur ces points, Lavoisier introduit une rupture par rapport aux tentatives précédentes, rupture concrétisée par le choix délibéré d'une théorie chimique plutôt qu'une autre. Il justifie sa position ainsi que l'adhésion nouvelle de Guyton de Morveau au clan antiphlogistique par le fait qu'«il [Guyton] a bien senti lui-même que dans une science qui est, en quelque façon, dans un état de mobilité, qui marche à grands pas vers sa perfection, dans laquelle des théories nouvelles se sont élevées, il étoit d'une extrême difficulté de former une langue qui convînt aux différents systèmes et qui satisfît à toutes les opinions sans en adopter exclusivement aucune» [57]. En introduisant un langage nouveau, ancré dans cette théorie nouvelle qui gagne peu à peu du terrain, il inscrit de surcroît une rupture de fait dans la tradition des traités et mémoires de chimie. Comme l'écrit B. Bensaude-Vincent : «Il y eut avant, et après la *Méthode*» [58] –et l'après perd l'accès à la littérature de l'avant, souvent reléguée par méconnaissance au rang de l'alchimie.

(55) Guyton y revient dans la *Méthode de nomenclature*, pp. 26-28.
(56) *Méthode de nomenclature*, p. 6.
(57) *Méthode de nomenclature*, p. 4.
(58) B. BENSAUDE-VINCENT, *A propos de «Méthode de nomenclature chimique»*, p. 1.

Un point de vue tout à fait original assure toutefois la perennité de l'œuvre : il s'agit d'une «méthode de nommer plutôt qu'une nomenclature». Ce qui prime dès lors dans l'entreprise, c'est l'élaboration des principes de dénomination plutôt que les termes proposés. Toute l'introduction que Lavoisier donne à la *Méthode* prouve combien la réforme est ancrée dans la *Logique* de Condillac appliquée à la chimie (59). Il faut rechercher les mots tels qu'ils embrassent à la fois les choses et les idées ; et peut-être même pourrait-on aller plus loin, en affirmant que Lavoisier cherche avant tout à clarifier le rapport entre les termes et les idées, puisqu'à ses yeux il s'agit avant tout de permettre un raisonnement sûr là où les noms, mal définis ou désignés au hasard, brouillaient le jugement. Mais c'est à tort que les historiens, tel Beretta, attribuent tout le mérite et l'élaboration de la *Méthode* à Lavoisier. Du point de vue du lexique et de la logique combinatoire des termes, l'essentiel du travail revient plus que probablement à Guyton. Celui-ci signe d'ailleurs le mémoire détaillé qui justifie et explicite l'emploi des termes nouveaux.

La grande innovation est la fixation des substances simples (lumière, calorique, oxygène, hydrogène, azote) et surtout l'introduction du groupe des bases acidifiables, supposées décomposables. Le reste se réduit à la mise en œuvre stricte et rigoureuse des principes lexicographiques énoncés quelques années auparavant par Bergman et Guyton lui-même : des noms simples, essentiellement basés sur les propriétés chimiques, sont attribués aux substances simples, et les suffixes indiquant les degrés de saturation de l'oxygène sont figés (-ique, -eux, -ate, -ite). L'uniformisation s'étend aussi à des considérations de genre : les métaux sont de genre masculin, les terres de genre féminin. Le terme générique des chaux est définitivement remplacé par celui d'oxyde, et les noms des alcalis sont définitivement fixés : potasse, soude et ammoniac. Fourcroy quant à lui se contente d'expliciter le tableau-résumé. La *Méthode* se clôture par une centaine de pages d'un dictionnaire dans les deux sens auquel a été joint le système des symboles proposé par Hassenfratz et Adet, deux jeunes chimistes acquis aux idées de Lavoisier.

La marque de Lavoisier apparaît dans les termes «oxygène» et «hydrogène». De même le rôle primordial accordé au calorique, agent du changement d'état de la matière, ressort du tableau de la *Nomenclature*, tout comme le rôle de l'oxygène. Dans ce tableau, la théorie de l'acidification apparaît bel et bien comme l'agent structurant de la nomenclature. Mais ceci ne diminue toutefois pas la dette de la nouvelle terminologie vis-à-vis

(59) Sur ce point particulièrement, l'ouvrage de M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, approfondit et confirme les intuitions sur les relations entre philosophie et langage scientifique esquissées par W.G. ANDERSON, *Between the library and the laboratory*.

de la chimie des sels qui occupe la colonne V de ce même tableau [60]. Il est constant d'ailleurs dans l'histoire de la nomenclature que toute tentative systématique ait toujours inclus une liste plus ou moins complète des sels : étant donné que ce domaine constituait le seul pour lequel les chimistes soient particulièrement satisfaits de la nomenclature utilisée, les entreprises plus générales se devaient de faire preuve d'efficacité sur ce terrain.

Malgré des critiques parfois virulentes, de la part de La Metherie [61] ou de Kirwan [62] par exemple, la nouvelle nomenclature fut adoptée assez rapidement. L'Académie permit l'impression de l'ouvrage tout en affirmant avec prudence le soumettre ainsi à l'épreuve du temps. Beaucoup s'attardèrent aux mots et qualifièrent les termes de barbares ; mais Guyton avait déjà encouru, de manière moins violente il est vrai, de semblables remarques en 1782. Le fait qu'une théorie soit favorisée et donc véhiculée par la réforme du langage ne passa pas inaperçu. À l'attitude prudente de l'Académie sur ce point, il faut opposer le refus catégorique d'un tel lien entre «les mots et les idées» qui motiva les critiques du chimiste De Luc [63].

Les *Annales de chimie* fondées peu après fournirent une tribune particulièrement efficace pour la diffusion de la nouvelle terminologie [64]. Bien qu'internationalement diffusé, l'existence de ce périodique spécialisé ne suffit cependant pas à expliquer le succès rapide de la nomenclature de 1787. En fait, ce succès est indissolublement lié à la publicité qu'en firent

(60) Cf. illustration n°2. La figure ne fournit que la partie supérieure du tableau.

(61) Jean Claude de la Metherie (1743-1817), médecin et naturaliste français. Il s'occupa aussi bien de géologie et de chimie, que de l'homme comme être social. Vitaliste, il fut jusqu'au bout un adversaire acharné de la théorie antiphlogistique de Lavoisier. Il fut l'éditeur des *Observations sur la physique* après la mort de leur fondateur, Pilâtre de Rozier.

(62) Richard Kirwan (1733-1812), chimiste et minéralogiste irlandais. Éduqué sur le continent, il abandonna le droit pour la chimie. Élu à la Royal Society en 1787 et président de l'Académie irlandaise des sciences, il est l'auteur de recherches sur les affinités chimiques. Il polémiqua longuement avec Lavoisier avant d'accepter la nouvelle théorie. Il publia *Elements of Mineralogy* en 1784, classant les minéraux selon leur composition chimique.

(63) M. BERETTA, *The enlightenment of matter*, pp. 221-244 montre que les premières réactions sont focalisées sur le choix d'une théorie. Sur De Luc, cf. M.P. CROSLAND, *Historical studies in the language of chemistry*, p. 188. L'approbation par l'Académie, signée des commissaires Baumé, Cadet, d'Arcet et Sage est longue et réservée, cf. *Méthode de nomenclature chimique*, pp. 243-252. Jean André De Luc (1727-1817), savant suisse qui s'installa en Angleterre. Il fut élu membre de la Royal society en 1773 et fut actif dans des domaines aussi divers que la géologie, la météorologie, la philosophie naturelle. Ami de Priestley qui l'influença beaucoup, il fut comme lui phlogisticien notoire.

(64) M.P. CROSLAND, *In the shadow of Lavoisier : The «Annales de Chimie» and the establishment of a new science*.

Lavoisier et ses émules. Lorsque paraît la nomenclature, il se trouve déjà dans la plupart des pays d'Europe des chimistes gagnés aux idées anti-phlogistiques, mûrs pour l'adoption et la traduction de la *Méthode*. Mais plus généralement, partout en Europe, plusieurs générations de chimistes avaient aspiré à disposer d'une terminologie univoque, classant les substances et les produits de leur combinaison ; tout en introduisant une rupture par le choix délibéré d'une théorie chimique plutôt qu'une autre, la nomenclature présentée dans la *Méthode* répondait à ces attentes.

Dans le courant des XVIIe et XVIIIe siècles, la nomenclature chimique a donc connu une évolution, parfois lente il est vrai. D'une simple désignation qui permette de distinguer les produits dans le laboratoire, la terminologie évolue vers des dénominations ou même des modes systématiques de dénomination qui impliquent des conceptions théoriques. Ce passage est considéré comme indissociable de l'avènement de la chimie en tant que science moderne, alors que du seul point de vue du langage choisi, les substances ne sont plus seulement désignées comme de simples objets, mais les termes sont investis d'une conception particulière de la combinaison chimique. On ne peut s'empêcher de s'interroger à ce sujet sur l'étonnante aptitude de Lavoisier à faire la publicité de ses travaux. En imposant un nouveau langage, il impose la primauté de son œuvre et de celles qui en découleront. Il crée volontairement un fossé dans la tradition chimique : tous les textes antérieurs seront à moyen terme devenus illisibles. Et plus qu'un accès réaliste aux choses au travers des mots, Lavoisier réussit à imposer le réalisme d'une théorie, la sienne ; les termes renvoient désormais aux concepts, considérés comme fondement du raisonnement humain, et non plus aux choses elles-mêmes.

Tableau comparatif
des propositions de dénomination des terres et des alcalis

	Bergman 1779-1780	**Guyton 1782**	**Bergman 1784**	**Méthode 1787**
Terre vitrifiable *Terra silicea*	Terra silicea	Quartz (65)	Silex	Silice
Terre d'Alun Terre argileuse *Alumina*	Argilla	Alumine	Argilla	Alumine
Terre pesante Terre base du spath pesant *Terra ponderosa*	Terra ponderosa	Barote	Barytes	Baryte
Terre calcaire (66)	Calx	Calce	Calx	Chaux
Magnésie (67) *Magnesia*	Magnesia	Magnésie	Magnesia	Magnésie
Alkali fixum vegetabile	Alkali fixum vegetabile	Potasse	Potassium	Potasse
Alkali fixum minerale	Alkali fixum minerale	Soude	Natrum	Soude
Alkali volatile	Alkali volatile	Ammoniac	Ammoniacum	Ammoniaque (68)

(65) Le terme est issu des œuvres de Cronstedt.

(66) Avant 1750, le terme terre calcareuse englobe la magnésie, l'argile et la terre pesante.

(67) La magnésie du XVIIIe recouvre le terme actuel de carbonate de magnésium, aussi appelé *magnesia alba*. On trouve le nom de *magnesia nigra* pour le dioxyde de manganèse et chez Bergman le manganèse est désigné par *magnesium*, tandis que *magnesia* désigne le magnesium.

(68) Le changement de terminaison s'explique par la féminisation uniforme des terres et alcalis qui se combinent avec les radicaux acides (tous masculins).

Bibliographie

I. *Sources*

BAUMÉ (A.), *Chymie expérimentale et raisonnée*. – Paris : Didot le Jeune, 1773.

BERGMAN (T.O.) , *Opuscula physica et chemica*. – Stockholm ; Uppsala ; Leipzig : M. Swederi, 1779-1790.

—, *Opuscules chimiques et physiques* / traduit par M. DE MORVEAU. – Dijon : L.N. Frantin, 1780-1785.

DUMAS (J.B.), *Leçons sur la philosophie chimique*. – Paris : Ebrard, 1836. – Réédition anastatique : Bruxelles : Culture et civilisation, 1972. – (Collection Epistémè).

GUYTON DE MORVEAU (L.B.), *Mémoire sur les dénominations chimiques, la nécessité d'en perfectionner le système et les règles pour y parvenir*, dans *Observations sur la Physique*, t. XIX, 1782, pp. 370-383.

GUYTON DE MORVEAU (L.B.) – LAVOISIER (A.L.) – BERTHOLET (Cl.) – DE FOURCROY (A.F.), *Méthode de nomenclature chimique* [...]. – Paris : Cuchet, 1787.

[MACQUER (M.J.)], *Dictionnaire de Chymie, contenant la théorie et la pratique de cette science* [...]. – Yverdon [s.n.], 1766-1767.

ROUELLE (G.-Fr.), *Mémoires sur les sels neutres, dans lequel on propose une division méthodique*, dans *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*. – Paris : Imprimerie Royale, 1744. – pp. 353-365.

—, *Mémoires sur les sels neutres*, dans *Histoire de l'Académie Royale des Sciences*. – Paris : Imprimerie Royale, 1754. – pp. 572-588.

SCHEELE (C.W.), *Mémoires de Chymie*. – Dijon : L.N. Frantin, 1785.

II. *Instruments de travail*

CROSLAND (M.P.), *Historical studies in the language of chemistry*. – Londres ; Melbourne ; Toronto : Heinemann, 1962. – (Heinemann books on the history of science). – 2e ed. : New York : Dover, 1978. – (Dover books on physics and chemistry).

EKLUND (J.), *The Incompleat Chymist : Being an essay on the Eighteenth century chemist in his laboratory, with a dictionary of obsolete chemical terms of the*

period. – Washington : Smithsonian Institution Press, 1975. – (Smithsonian studies in history of science and technology ; XXXIII).

GOLTZ (D.), *Studien zur Geschichte der Mineralnamen in Pharmacie, Chemie und Medizin von den Anfängen bis Paracelsus*. – Wiesbaden : Steiner, 1972. – (Sudhofs Archiv. Beihefte ; XIV).

III. *Travaux*

ANDERSON (W.G.), *Between the library and the laboratory : The language of chemistry in eighteenth-century France*. – Baltimore : Johns Hopkins University Press, 1984.

BENSAUDE-VINCENT (B.), *À propos de «Méthode de nomenclature chimique» : Esquisse historique suivie du texte de 1787*. – Paris : C.N.R.S. : Centre de Documentation Sciences Humaines, 1983. – (Cahiers d'histoire et de philosophie des sciences : Nouvelle série ; VI).

BERETTA (M.), *The enlightenment of matter : The definition of chemistry from Agricola to Lavoisier*. – Canton : Science History Publication, 1993. – (Uppsala studies in history of science ; XV).

CROSLAND (M.P.), *In the shadow of Lavoisier : The «Annales de Chimie» and the establishment of a new science*. – Londres, 1994. – (BSHS Monograph series ; IX).

DAUDIN (H.), *De Linné à Lamarck : Méthodes de la classification et idée de série en botanique et zoologie (1740-1790)*. – Paris : F. Alcan, 1926. – (Études d'histoire des sciences naturelles). – Réimpression : Paris : Archives Contemporaines, 1983.

DERÉ (A.-Cl.), *L'évolution des sciences pharmaceutiques à Nantes pendant la Révolution : Regards sur la corporation des apothicaires nantais et ses activités (1791-1803)*, dans *Sciences et Techniques en Perspective*, t. XVII, 1989-1990.

DUNCAN (A.M.), *Some theoretical aspects of Eighteenth-Century tables of affinity*, dans *Annals of Science*, t. XVIII, 1962, pp. 177-196 et pp. 217-232.

GOUPIL (M.), *Du flou au clair? : Histoire de l'affinité chimique de Cardan à Prigogine*. – Paris : CTHS, 1991. – (Comité des travaux historiques et scientifiques. Mémoires de la section d'histoire des sciences et des techniques ; VII).

—, *J.Ph. de Limbourg et la théorie des affinités chimiques*, dans *Technologia*, t. VII, 1984, pp. 11-28.

HANNAWAY (O.), *The chemist and the word : The didactic origins of chemistry*. – Baltimore : Johns Hopkins University Press, 1975.

HOLMES (Fr.L.), *Eighteenth-century chemistry as an investigative enterprise*. – Berkeley : University of California, Berkeley, 1989. – (Berkeley studies in history of science ; XII. Uppsala studies in history of science ; VI. Bologna studies in history of science ; I).

METZGER (H.), *La genèse de la science des cristaux*. – Paris : F. Alcan, 1918. – (Thèse de doctorat à l'Université de Paris : Faculté des lettres ; 1918).

SMEATON (W.A.), *The contributions of P.-J. Macquer, T.O. Bergman and L.B. Guyton de Morveau to the reform of chemical nomenclature*, dans *Annals of Science*, t. X, 1954, pp. 87-103.

VAN TIGGELEN (Br.), *Charles van Bochaute et son abrégé des affinités et combinaisons chimiques, 1777*, dans *Nouvelles tendances en histoire et philosophie des sciences : Colloque national (15-16/10/1992)* / éd. par R. HALLEUX et A.-C. BERNÈS. – Bruxelles : Palais des Académies, 1993. – pp. 187-202.

L'existence de l'espace et du temps selon Leonhard Euler

Michel Ghins
Professeur à l'Université catholique de Louvain

Lorsque l'on se pose la question de l'existence de l'espace et du temps, ou, mieux, celle de l'existence de l'espace-temps (puisque l'espace et le temps sont inséparables, même dans la mécanique classique), on rencontre (au moins) trois problèmes connexes qui, dans un premier temps et par souci de clarté conceptuelle, doivent être distingués.

En premier lieu, on peut se demander s'il *existe* «quelque chose», que l'on peut baptiser solennellement «espace-temps», en plus des événements physiques ou de ce que l'on appelle, dans le cadre de la théorie générale de la relativité, le contenu de matière et d'énergie de l'univers. Pour pouvoir poser cette question, il faut admettre au départ l'existence des événements. La notion d'événement mériterait d'être précisée. Mais ceci nous entraînerait trop loin. Contentons-nous ici d'un exemple d'événement : l'intersection de deux rayons lumineux. C'est là un événement quasi-ponctuel. Leibniz par contre partait de l'ensemble des substances (les monades) et, dérivativement, de l'ensemble des corps, des objets ordinaires. Pour Leibniz, seules les substances existaient, et l'espace-temps, qu'il concevait comme un système de relations possibles entre les corps, n'avait pas de réalité. L'espace-temps était pour lui quelque chose d'idéal, comme les nombres. Convenons d'appeler, dans le contexte de notre discussion, *idéaliste*, celui qui, comme Leibniz, refuse toute réalité ou existence à l'espace-temps, ou, en tout cas, lui dénie une réalité du même type que celle possédée par les événements ou les objets physiques. Le *réaliste*, toujours dans le contexte de notre discussion, sera celui qui défend l'existence de l'espace-temps, au même titre que celle des événements ou des objets physiques.

En second lieu, on peut se pencher sur *ce qu*'est l'espace-temps. S'agit-il d'un ensemble de points-individus, de propriétés ou de relations, ou d'une certaine combinaison de ces derniers ? Cette investigation est plutôt de nature logique ou mathématique. Aujourd'hui, on conçoit «un» espace-temps comme un *continuum* de points sur lequel est définie une structure, métrique par exemple, à l'aide de relations spécifiques entre les points de ce *continuum*. La question intéressante ici, d'un point de vue philosophique,

est d'examiner si les points comme les relations (on admet que les propriétés sont des cas particuliers de relations) sont idéaux ou réels. S'il est possible d'argumenter en faveur d'une position réaliste, il s'agit de déterminer si les points seuls sont réels, ou seulement les relations, ou les deux ensemble.

Ici les réalistes se divisent entre les partisans de l'existence d'un *continuum* de points réels, c'est-à-dire d'un *plenum* (Earman (1) les appelle les «manifold-substantivalists»), et ceux qui défendent l'existence des relations, sans pour autant souscrire à l'existence de points inoccupés par des événements physiques. Si l'on admet l'existence aussi bien des points que des relations, il reste à décider de la primauté des uns sur les autres. L'existence des relations est-elle fondée sur celle des points ? Ou est-ce l'inverse ? Ou encore, l'existence des points et celle des relations sont-elles indépendantes l'une de l'autre ?

Finalement, le réaliste peut s'interroger sur l'*indépendance* de l'existence de l'espace-temps, que ce soit comme *plenum* ou comme système de relations, par rapport aux événements ou aux objets. On qualifiera d'*absolutiste*, en un sens métaphysique (2), celui qui se prononce en faveur d'une existence indépendante de l'espace-temps. Tandis que la position contraire qui consiste à faire dépendre l'existence de l'espace-temps de celle du «contenu matériel» sera appelée *relationnaliste*.

Le débat sur l'existence de l'espace-temps, qui s'inscrit dans le prolongement de la controverse entre les absolutistes et les relationnalistes dont le coup d'envoi a été donné par Leibniz et Newton, est un débat contemporain, comme en témoignent les récents travaux d'Earman (1989), de Field (1985) et de Maudlin (1993) (3), parmi d'autres. Les discussions ont atteint un haut degré de technicité, surtout en ce qui concerne le statut de l'espace-temps, ou plutôt, des espaces-temps, dans le cadre de la théorie générale de la relativité. Nous voudrions ici nous limiter à une relecture, non pas de Newton et de Leibniz, dont les écrits ont déjà été amplement commentés (y compris par nous-mêmes), mais d'un auteur largement ignoré par les philosophes des sciences. Il s'agit de Leonhard Euler.

Euler s'exprime sur l'espace et le temps principalement dans un article intitulé *Réflexions sur l'espace et le temps* (1748) et en diverses sections de la *Theoria motus corporum solidorum seu rigidorum* (1765) et des *Lettres*

(1) J. EARMAN, *World enough and space-time*, p. 126.

(2) M. GHINS, *L'inertie et l'espace-temps absolu de Newton à Einstein : Une analyse philosophique*, p. 19.

(3) Cf. la bibliographie.

à une Princesse d'Allemagne (1772). Ses idées sont fort proches de celles de Newton qui, on le sait, se situait clairement dans le camp des réalistes, et avait défendu vigoureusement l'existence indépendante d'un *plenum* spatial et d'un *continuum* temporel. Mais, plus d'un demi-siècle s'est écoulé depuis la première édition des *Principia* en 1687. Les arguments d'Euler ne sont pas mêlés de considérations théologiques, au contraire de ceux de Newton qui ont conduit certains (à tort à notre avis [(4)]) à rejeter l'existence de l'espace et du temps absolus. Euler prend comme point de départ les lois du mouvement, les axiomes de la mécanique des points massifs, qui, à son époque et en partie sous son impulsion, commencent à être largement acceptés sur le continent européen, et son argumentation présente une allure plus moderne que celle de Newton dans le *Scholium* qui précède, dans les *Principia*, l'énoncé des trois fameuses lois. Il ne s'agit plus de donner des définitions préalables des termes «espace» et «temps», mais de prendre les axiomes comme point de départ assuré, de proclamer leur vérité et d'en déduire, selon une procédure qui n'est pas sans anticiper la démarche kantienne, les conditions de possibilité. Euler va montrer que si les axiomes sont vrais –et pour lui, ils le sont– l'espace et le temps sont nécessairement des réalités. Euler débute ses *Réflexions* par ces mots :

> «Les principes de la Mécanique sont déjà si solidement établis, qu'on aurait grand tort, si l'on voulait encore douter de leur vérité. Quand même on ne serait pas en état de les démontrer par les principes généraux de la Métaphysique, le merveilleux accord de toutes les conclusions, qu'on en tire par le moyen du calcul, avec tous les mouvements des corps tant solides que fluides sur la terre, et même avec les mouvements des corps célestes, serait suffisant pour mettre leur vérité hors de doute. C'est donc une vérité incontestable, qu'un corps étant une fois en repos restera perpétuellement en repos, à moins qu'il ne soit troublé dans cet état par quelques forces étrangères. Il sera de même certain, qu'un corps étant une fois mis en mouvement, le continuera perpétuellement avec la même vitesse et selon la même direction, pourvu qu'il ne rencontre des obstacles contraires à la conservation de cet état» [(5)].

(4) M. GHINS, *La rationalité de l'espace et du temps absolus chez Newton : Physique et théologie*, p. 142.

(5) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, p. 376.

Pour Euler, on le voit, la vérité des principes de la mécanique peut être établie sur la base de l'expérience seule, comme le prétendait déjà Newton (et en ceci il s'oppose évidemment aux cartésiens et à ce que dira plus tard Kant). Mais laissons de côté ici les difficultés de cette affirmation, pour nous concentrer sur la démonstration de l'existence de l'espace et du temps. Cette démonstration part du premier axiome seul, l'axiome d'inertie, qu'Euler divise en deux parties : la première traite du repos et la deuxième du mouvement rectiligne uniforme. Ceci ne veut pas dire bien entendu qu'Euler ne considérait pas le repos et le mouvement rectiligne et uniforme comme équivalents d'un point de vue mécanique. La *Theoria motus* ne laisse aucun doute à ce sujet.

L'argumentation dans les *Réflexions* se développe en trois étapes, à partir du seul principe d'inertie et sans prendre en considération le deuxième axiome de Newton (selon lequel l'accélération d'un corps est proportionnelle à la force exercée). La première, en partant de l'état de *repos* d'un corps, qui perdure en l'absence de forces extérieures, montre la réalité du lieu absolu et, par conséquent, celle d'un *continuum* de points. La deuxième se base sur le maintien de la *direction* de la vitesse d'un corps libre, pour défendre la réalité de directions absolues ou, comme nous pourrions le dire aujourd'hui, d'une structure affine. Enfin, la troisième étape part de la conservation de la vitesse *uniforme*, toujours pour un corps libre, bien entendu, pour en conclure la réalité d'une égalité absolue des intervalles spatiaux *et* temporels, c'est-à-dire, en langage moderne, d'une structure métrique. Cette manière de procéder me paraît résolument moderne, en ce sens qu'Euler s'efforce de montrer d'abord l'existence d'un *plenum*, pour le munir ensuite de structures de plus en plus fortes, affine d'abord, métrique ensuite.

Pour montrer le caractère réel, et non pas imaginaire ou idéal comme le proposent les Métaphysiciens (il s'agit évidemment des leibniziens), de l'espace et du temps, Euler montre qu'il n'est pas possible de donner une formulation équivalente aux «deux principes» énoncés (les deux parties de la loi d'inertie) en ayant recours uniquement à des relations entre les corps :

> «[...] s'il n'était pas possible de concevoir les deux principes allégués de la Mécanique, sans y mêler les idées de l'espace et du temps, ce serait une marque sûre, que ces idées n'étaient pas purement imaginaires, comme les Métaphysiciens le prétendent. On en devrait plutôt conclure, que tant l'espace absolu, que le temps, tels que les Mathématiciens se les figurent, étaient des choses réelles, qui subsistent même hors de notre imagination : puisqu'il serait absurde de soutenir, que des pures imaginations

> pouvaient servir de fondement à des principes réels de la mécanique» (6).

Le principe d'inertie affirme qu'un corps, appelons-le *A*, au repos le restera à moins que des forces externes n'y soient appliquées. Le repos signifie la permanence en un même lieu. Qu'est-ce que le lieu ? Les Métaphysiciens prétendent que le lieu d'un corps *A* est défini par ses relations à d'autres corps *B*, *C*, *D*, *E*,... sans spécifier, ce qui nous entraînerait dans une régression, l'état de mouvement de ces corps. Il suffit donc, pour tirer le corps *A* du repos, de mettre en mouvement un des corps de référence *B*, *C*, *D*, *E*... sans exercer de force sur le corps *A*. Le principe d'inertie s'en trouverait alors falsifié, ce qui, par hypothèse, est exclu. On pourrait alors proposer, non pas des corps quelconques, mais les étoiles dites «fixes». La capacité de rester en un lieu (comme de conserver l'état de mouvement rectiligne uniforme), c'est-à-dire l'inertie, se règlerait sur les étoiles :

> «S'ils [les Métaphysiciens] disaient que c'était par rapport aux étoiles fixes qu'il fallait expliquer le principe d'inertie, il serait bien difficile de les réfuter, vu que les étoiles fixes, étant elles-mêmes au repos, sont si éloignées de nous, que les corps qui se trouvent en repos par rapport à l'espace absolu, comme on le regarde dans la Mathématique, le seraient aussi par rapport aux étoiles fixes» (7).

Toutefois, le recours aux étoiles serait «contraire à quantité d'autres dogmes de la Métaphysique» (8). Euler ne précise pas lesquels, mais il semble que le rejet de l'action instantanée à distance par les leibniziens laisse peu de place pour une influence quelconque, par ailleurs très conjecturale, des étoiles sur l'inertie des corps.

Donc, le lieu ne peut pas être défini comme le proposent les leibniziens. Le lieu d'un corps ne peut être fondé sur des relations à d'autres corps. Il faut alors postuler l'existence d'une entité autre que les corps par rapport à laquelle la notion de «même lieu» ait un sens. Cette entité n'est autre que l'espace absolu. Un corps occupe un lieu dans l'espace absolu. Ce lieu est distinct de l'étendue «parce que l'étendue appartient au corps, et passe avec

(6) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, p. 378.
(7) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, p. 380.
(8) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, p. 381.

lui par le mouvement d'un lieu à l'autre ; au lieu que le lieu et l'espace ne sont susceptibles d'aucun mouvement» [9].

Le lieu étant une réalité, quelle est sa nature ? Pour Euler, comme pour Newton, il ne peut s'agir que d'un *continuum* de points, même si cette affirmation ne se retrouve pas comme telle dans les textes. L'étendue, ou le volume, d'un corps est manifestement une quantité continue, et le lieu occupé ne peut être lui aussi que continu. La réalité de l'espace absolu est celle d'un *plenum*.

Ceci étant acquis, cette existence est-elle indépendante des corps, ou, selon nos définitions, absolue au sens métaphysique ? Pour Newton, l'espace, comme le temps, étaient absolus au sens métaphysique. Euler quant à lui garde le silence sur la question. Il semble, à première vue, que l'existence du lieu ne doive rien à celle des corps, puisque la notion de lieu ne peut pas être définie à l'aide des corps. Mais, en fait, il se pourrait que le lieu, bien que ne pouvant pas être défini ou spécifié par rapport aux corps, dépende, quant à son existence, de ceux-ci, d'une manière qui nous est inconnue. Dès lors, la prudence nous recommande de suspendre notre jugement quant à l'existence *indépendante* de l'espace, du moins si nous voulons, comme le fait Euler, argumenter à partir de la physique. Cependant, il faut reconnaître qu'on ne trouve dans la physique newtonienne aucune indication sur la manière dont on pourrait concevoir une dépendance de l'existence de l'espace par rapport à celle des corps.

Venons-en à la deuxième étape de l'argumentation d'Euler qui s'appuie sur la conservation de la *direction* du mouvement d'un corps libre :

> «[...] de quelque manière que les corps se meuvent et changent de situation entre eux, cela n'empêche pas, qu'on ne conserve une idée assez claire d'une direction fixe que les corps tâchent de suivre dans leur mouvement, malgré tous les changements, que les autres corps subissent. D'où, il est évident, que l'identité de direction, qui est une circonstance fort essentielle dans les principes généraux du mouvement, ne saurait absolument être expliquée par la relation, ou l'ordre des corps coexistants. Donc il faut qu'il y ait encore quelque chose de réel, outre les corps, à laquelle se rapporte l'idée d'une même direction ; et il n'y

(9) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, p. 382.

> a aucun doute, que ce soit l'espace, dont nous venons d'établir la réalité» (10).

Selon une ligne de raisonnement similaire à celle utilisée pour prouver la réalité du lieu, Euler établit la réalité, distincte de celle des corps, de directions fondées dans l'espace absolu. Ceci revient, en langage moderne, à munir le *continuum* spatial d'une structure affine, c'est-à-dire d'une relation réelle de parallélisme. Rappelons-nous que c'est Euler qui, le premier, a formulé les axiomes de Newton sous la forme vectorielle utilisée encore de nos jours. Mais, à ce stade, nous n'avons pas encore de métrique.

L'existence d'une métrique spatiale, et temporelle, fait l'objet de la troisième étape de l'argumentation qui se base sur la constance de la *grandeur* de la vitesse d'un corps libre :

> «[...] puisque le mouvement uniforme décrit des espaces égaux en des temps égaux, je demande premièrement, qu'est-ce que c'est des espaces égaux, suivant le sentiment de ceux qui nient la réalité de l'espace ? [...] nous concevons, et le principe du mouvement nous apprend, que lorsqu'un corps parcourt des espaces égaux, l'égalité de ces espaces ne dépend nullement des autres corps, qui l'environnent, et qu'elle demeure la même, à quelques changements que soient exposés les autres corps».

> «[...] de quelle manière rendra-t-on intelligible l'égalité des temps ? [...] de quels changements, ou de quels corps, faut-il juger de l'égalité de [...] temps ?» (11).

Si, selon les leibniziens, l'espace est l'ordre des coexistants et le temps l'ordre des successions, une des grandes difficultés consiste à fonder une métrique (12). Si la métrique ne peut être fondée sur les corps, elle doit l'être sur l'espace absolu. Mais comment ? Pas plus que Newton, Euler ne nous donne une solution satisfaisante de ce problème qui est celui du caractère intrinsèque ou non de la métrique, et longuement discuté par, entre autres, Grünbaum.

(10) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, pp. 382-383.

(11) L. EULER, *Réflexions sur l'espace et le temps*, p. 384.

(12) M. GHINS, *L'inertie et l'espace-temps absolu de Newton à Einstein : Une analyse philosophique*, pp. 64-70.

Toujours est-il que l'argumentation d'Euler reste identique à elle-même. Si le principe d'inertie est vrai, ce qui rend possible sa vérité doit être réel. On est donc en droit de postuler l'existence d'une métrique spatiale et d'une métrique temporelle, distincte de celle des corps et irréductibles à ceux-ci. Euler défend à la fois la réalité du *continuum* des points et des relations métriques définies en lui, sans préciser si la réalité des relations se fonde sur celle des points ou en est indépendante. Comme Euler accorde au leibnizien que la définition du lieu et des relations métriques à partir des corps, si elle était satisfaisante, entraînerait leur idéalité, il ne pourrait, en restant cohérent, faire reposer la réalité des relations sur celle des points de l'espace. Il semble alors que les points et les relations sont non seulement des réalités indépendantes des corps, mais aussi des réalités indépendantes l'une de l'autre. L'existence des relations spatio-temporelles n'entraîne pas celle des points, ni l'inverse. Mais ces questions prennent une tournure nettement spéculative et Euler ne les développe pas.

Il faut souligner que la démarche d'Euler est très différente de celle de Newton. Celui-ci défendait l'existence de l'espace absolu à partir de la célèbre expérience du seau en rotation, à laquelle Euler ne fait même pas allusion. Sa préoccupation est celle de fonder la vérité des axiomes. Euler savait parfaitement, car il avait une conscience claire du principe de relativité, que les axiome sont vrais dans une classe de systèmes de référence : les systèmes inertiaux. La vérité des axiomes nécessite l'existence d'au moins *un* système inertiel. L'espace (et le temps) absolu, comme *plenum* muni d'une relation de parallélisme et d'une relation de congruence spatiale (et temporelle) constitue un tel système de référence inertial.

Bibliographie

EARMAN (J.), *World enough and space-time*. – Cambridge ; Massachussets : Massachussets Institute of Technology Press, 1989. – (Bradford books).

EULER (L.), *Réflexions sur l'espace et le temps*, dans *Leonhardi Euleri opera omnia*, série III, t. 2 / sous la direction de A. SPEISER. – Basel : Birkhäuser, 1948. – pp. 376-383.

FIELD (H.), *Can we dispense with space-time ?*, dans *PSA 1984*, vol. 2 / sous la direction de P. ASQUITH et de Ph. KITCHER. – East Lansing ; Michigan : Philosophy of Science Association, 1985. – pp. 33-39.

GHINS (M.), *L'inertie et l'espace-temps absolus : Une analyse philosophique*. – Bruxelles : Académie Royale de Belgique, 1990. – (Mémoires de la Classe des lettres ; 2e série, t. LXIX, fascicule 2).

—, *La rationalité de l'espace et du temps absolus chez Newton : Physique et théologie*, in *Cahiers d'Histoire et de Philosophie des Sciences*, 1992, n°40, pp. 137-146.

GRÜNBAUM (A.), *Philosophical problems of space and time*. – Second enlarged edition. – Boston ; Dordrecht : D. Reidel Publishing Company, 1973. – (Boston studies in the philosophy of science ; 12).

MAUDLIN (T.), *Buckets of water and waves in space : Why spacetime is probably a substance*, in *Philosophy of Science*, t. LX, 1993, n°2, pp. 183-203.

Le rapport de l'idée théorique à l'expérimentation chez Hahnemann

Le système homéopathique naissant et le réalisme

Chantal Tilmans-Cabiaux
Collaborateur scientifique à l'Université catholique de Louvain

I. Introduction

La période qui a retenu mon attention dans cette approche historique et épistémologique de l'homéopathie est la fin du XVIIIe siècle et le début du XIXe siècle. Cette période correspond aux premières publications de Samuel Hahnemann, au cours desquelles on le voit élaborer d'une manière de plus en plus affirmée, un système médical nouveau, l'homéopathie, dont l'avenir ne sera pas sans remous.

Le propos de cet article a été guidé par deux questions, l'une théorique et générale issue du thème de ce séminaire, à savoir le réalisme, et l'autre plus accidentelle, amenée par les aléas de la destinée des livres en tant qu'objets matériels concrets. Je reviendrai plus tard sur cette seconde question.

Hahnemann et le réalisme... Le biologiste que je suis reconnait avoir été devancé par le physicien dans ses analyses épistémologiques de l'histoire des sciences et c'est à partir des débats qui ont animé les physiciens et philosophes sur l'opposition réalisme-phénoménisme dans leur discipline que j'ai interrogé sous un certain angle les travaux de Samuel Hahnemann en médecine.

En effet, en physique, on entend de plus en plus que si le réalisme n'est pas défendable d'une manière absolue, c'est pourtant le réalisme et non le phénoménisme –le contraire que nous lui opposons ici–, qui est le véritable moteur de la science (1). Le phénoménisme correspondrait à un stade provisoire de l'élaboration théorique, celui où on se limite à dire «les faits se présentent de telle manière dans leur régularité phénoménale». Mais, on

(1) Cette thèse a été discutée, à propos des travaux de Newton, par Loup Verlet.

n'en reste pas souvent là et la question suivante –d'option réaliste celle-là– vient tôt ou tard quand on veut connaître l'essence du phénomène ou la cause physique de sa régularité légale. Pour prendre un exemple bien connu, si on s'en était tenu à une description phénoménale des combinaisons chimiques entre éléments (loi de Proust et loi des proportions définies), on n'aurait jamais pu poser l'hypothèse de la réalité d'une structure de base propre à chaque élément chimique. Or l'hypothèse atomique, audacieuse parce que d'option dangeureusement réaliste et d'ailleurs pour cela aussi controversée pendant longtemps au XIXe siècle, a été féconde et a permis à la chimie de progresser [(2)].

Cette même thèse pourrait servir de guide en biologie ou en médecine aussi et c'est sous cet angle que j'ai essayé d'envisager la logique d'élaboration de la doctrine homéopathique de Hahnemann comparée à celle d'autres chercheurs. Ma première préoccupation a été peut-être de comprendre le processus de marginalisation de l'homéopathie par rapport à la médecine héritière d'un autre fondateur tel que Claude Bernard, alors même que l'idée théorique sous-jacente au système semblait féconde et respectueuse de la spécificité de réaction des systèmes vivants. Je me suis demandé, en d'autres termes, si ce n'est pas un phénoménisme trop scrupuleux, prenant la forme chez Hahnemann d'un examen attentif des symptômes de trouble perçus au niveau de l'organisme dans sa globalité, mais avec la volonté de ne pas poser d'hypothèses sur la cause des troubles ou sur l'«essence» de la maladie, qui avait fermé son système sur lui-même l'empêchant pendant longtemps d'échanger ses données avec celles de la médecine scientifique naissante. Et, réciproquement, si ce n'était pas la conviction réaliste que le vivant obéit à un système de lois fondamentales à la manière des systèmes physiques et que la recherche médicale nous fera atteindre ces lois, qui a été le moteur du progrès de la thérapeutique. Même si cette conviction a entraîné aussi la médecine actuelle dans des difficultés qu'un retour à un plus grand «phénoménisme» aiderait peut-être à dépasser, mais n'anticipons pas sur la discussion.

II. L'hypothèse homéopathique naissante

Pour donner quelques repères biographiques, Samuel Hahnemann est né en Saxe en 1755. D'une milieu assez simple, il aborde les études, puis la profession de médecin, avec une préoccupation essentiellement thérapeutique, qu'il gardera d'ailleurs jusqu'au bout de ses recherches. Or, il semble

(2) Cf. P. THUILLIER, *La résistible ascension de la théorie atomique*.

qu'il n'ait pas été heureux dans cette pratique au sens où il n'est pas parvenu à guérir ses premiers malades. À partir de ses échecs successifs, Hahnemann se posait la question du bien-fondé des méthodes thérapeutiques appliquées systématiquement à cette époque.

Ayant peu de succès comme médecin dans les divers lieux où il s'est établi, il a assuré sa subsistance et celle de sa famille en effectuant des traductions de l'anglais et du français.

L'*expérience de base* qui semble avoir été le fondement de sa théorie ou de sa doctrine, lui a été suggérée à partir d'un texte de l'écossais W. Cullen, texte qu'il traduisait de l'anglais et qui donnait sur l'action de la poudre d'écorce de quinquina des informations qui lui semblaient fausses et contradictoires entre elles. Pour vérifier les données de Cullen sur l'action de ce médicament fébrifuge sur la paroi de l'estomac, il en a absorbé lui-même une dose équivalente à 15 g et a été surpris de constater que ce médicament pris par un organisme sain provoquait tous les symptômes de la fièvre, que, par ailleurs, il supprimait chez le malade. D'où une interprétation théorique qui peut avoir pour origine la connaissance que Hahnemann avait des écrits d'Hippocrate, où la loi de similitude se trouve énoncée, alliée à sa conviction que les systèmes proposés par la médecine de son temps étaient inefficaces, parce que non fondés rationnellement, et qu'il y avait peut-être autre chose à penser.

Avant de publier sa découverte, Hahnemann répète l'expérience du quinquina, sur lui et sur d'autres. Il teste aussi d'autres drogues et ce n'est qu'en 1796 qu'il publie un article discutant et argumentant les orientations de la médecine de son temps, en particulier l'inanité de la thérapeutique palliative : «les médecins cherchaient à supprimer les symptômes existants par des médicaments qui produisent un effet contraire ; par exemple, la constipation au moyen des purgatifs [...] contraria contrariis curantur» (3). Il propose, sur la base de nombreuses expériences, un nouveau principe thérapeutique : «pour découvrir les véritables propriétés médicinales d'une substance dans les affections chroniques, on doit porter son attention sur la maladie artificielle particulière qu'elle provoque ordinairement dans l'organisme, afin de l'adapter alors à un état pathologique très analogue qu'il importe d'écarter» (4).

(3) S. HAHNEMANN, *Essai sur un nouveau principe pour découvrir les vertus curatives des substances médicinales, suivi de quelques aperçus sur les principes admis jusqu'à nos jours*, p. 29 et p. 32.

(4) S. HAHNEMANN, *Op. cit.*, p. 39.

Ce n'est pas cet article, mais un traité de 1805, intermédiaire entre l'article de 1796 et l'*Organon* de 1810, que j'ai choisi d'examiner ici.

III. Pourquoi examiner ce traité préliminaire qu'est le *Fragmenta de viribus medicamentorum positivis sive in sano corpore humano observatis* ?

C'est en quelque sorte le hasard qui m'a conduite à retenir cet ouvrage qui, souvent passé sous silence dans les bibliographies relatives à Hahnemann, ne semble pas avoir été largement diffusé, ni traduit. Seule existe une édition anglaise datée de 1834 et une édition française presque confidentielle publiée dans la revue l'*Art Médical*.

Mon projet initial était de traduire l'ouvrage en français, puisqu'aucune traduction ne semblait actuellement disponible. La revue *L'Art Médical* en a publié une traduction partielle en 1855 (trad. de Champeaux et Milcent). Ce texte a été republié en 1956 dans la *Revue Belge d'Homéopathie*, épuisée sans doute. C'est cette traduction-là que j'ai finalement utilisée.

C'est le hasard en effet qui m'a fait remarquer, à une vente publique de livres scientifiques et dans des lots séparés, deux ouvrages quasiment contemporains, portant sur le même thème, l'action des drogues, et qu'un même propriétaire de l'époque avait dû déjà essayer de confronter l'un à l'autre, à savoir le traité, déjà mentionné, de Samuel Hahnemann de 1805 (*Fragments sur les effets positifs des médicaments observés chez l'homme sain*) et un traité de thérapeutique de J.L. Alibert intitulé *Éléments de thérapeutique suivis d'un Essai sur le nouvel art de formuler* et publié à Paris en 1804.

Ouvrons ici une parenthèse : comment s'autoriser à penser que ces deux ouvrages ont été rassemblés à l'époque par un même propriétaire (ou par une même institution, mais dans ce cas une indication de classement serait attendue) ? La même origine est attestée par l'atelier de reliure qui a exécuté ces deux reliures. Le papier marbré, toujours artisanal, est identique chez les deux, mais surtout les pièces de titres de papier renforcé qui avec le temps se sont fendillées d'une manière particulière et peu courante sont les mêmes aussi. Par ailleurs, la reliure de l'ouvrage d'homéopathie est caractéristique de l'époque Empire, avec son dos lisse et ses faux-nerfs. On peut donc bien penser que ces deux livres ont été rassemblés à l'époque ou peu de temps après leur parution, par quelqu'un qui a jugé intéressant de les mettre en relation ou de les interroger l'un par l'autre... Ce sont ces questions-là, posées il y a près de deux cents ans, que j'aurais voulu essayer

de retrouver. Bien sûr, celui qui a rassemblé ces livres ne les a peut-être pas lus, car on doit reconnaître qu'ils sont vierges d'annotations, mais son questionnement reste pourvu de sens pour nous.

Que pouvaient signifier à l'homme de cette époque où la médecine semblait vouloir secouer ses vieilles habitudes et rationaliser sa pratique, ces deux traités si différents sur les effets des drogues ? Et comment cerner l'originalité de la démarche de Hahnemann à partir de ce qui se faisait à son époque, au moment où il élaborait son système ?

IV. Confrontation de deux ouvrages contemporains : Importance relative des données théoriques et des données expérimentales dans chaque ouvrage

Dans le *Fragmenta* de Hahnemann, la *partie proprement théorique* est réduite aux quelques pages de la préface qui reste somme toute assez laconique sur bien des points, en renvoyant sans doute implicitement le lecteur à l'article précédent de 1796. Sa vocation ne semble donc pas être théorique, mais avant tout pratique et expérimentale. Pour interpréter les quelques rappels théoriques de la préface, il faudra s'autoriser à les mettre en relation avec ce qui a été proposé en 1796. C'est d'ailleurs un fait impressionnant dans les publications de Hahnemann que chaque livre semble supposer connu tout ce qu'il a écrit auparavant et qu'il n'y a quasiment pas de redites d'un livre à l'autre, sauf une affirmation de plus en plus dogmatique de sa théorie ou de sa doctrine. Ce sont des livres de chercheur qui communique ses données plus que de professeur qui repart à zéro à chaque fois.

Ce livre s'adresse donc manifestement à un lecteur averti, intéressé par l'idée homéopathique, et semble avoir pour but d'élargir ou de produire de nouvelles connaissances expérimentales et lui donner un outil pratique pour sa thérapeutique.

Les *Éléments de thérapeutique* de Alibert sont, pour leur part, beaucoup plus explicites sur les principes théoriques invoqués pour définir le champ de la thérapeutique, ses liens avec la physiologie, la pathologique et l'anatomie. Le traité développe une philosophie du vivant humain et de son étude par la médecine et propose des théories explicatives particulières en se référant à d'autres auteurs, tout particulièrement à Stahl et à sa vision dynamique des forces vitales. À titre indicatif, la préface des *Fragmenta* comprend cinq pages et les prolégomènes de J.L. Alibert trente-six, mais en plus, tout au long de ce second ouvrage des explications de type théorique

s'articulent encore aux données expérimentales relatées. Les *Fragmenta* sont un ouvrage intermédiaire, une recherche en cours, mais conduite sur une hypothèse théorique sous-jacente très forte, exprimée ailleurs (*similia similibus curentur*). De leur côté, les *Éléments* sont un traité plus construit et de prétention plus complète sur le sujet de la thérapeutique, faisant appel à un ensemble de théories explicatives de niveau varié pour discuter les «faits», en même temps beaucoup moins dirigées par un principe théorique fort.

En ce qui concerne le nombre de substances examinées, la différence entre les deux ouvrages est, elle aussi, très grande, puisque Hahnemann relate les effets de vingt-six drogues simples, alors que Alibert en examine plus de deux cents. Mais le premier ne relate que les substances qu'il a testées lui-même d'une manière systématique sur lui ou d'autres personnes en parfaite santé, alors que le second trace un panorama critique des effets des médicaments, mais surtout sur la base de données bibliographiques et non systématiquement sur ses propres observations.

V. Principes thérapeutiques et théoriques communs

Pour autant que l'on s'autorise à comparer entre eux une préface de cinq courtes pages (mais mises en lumière par les autres articles précédents) aux prolégomènes de trente-six pages serrées, on peut repérer quelques principes théoriques communs aux deux médecins.

1. Le principe de l'*individualité* des malades et des actions des drogues sur ceux-ci

Alibert aborde longuement, et au cours de plusieurs rubriques, ce principe dont doit tenir compte le thérapeute averti. La réaction d'un malade à un médicament doit en effet tenir compte des différences de «tempéramens». «Voilà pourquoi, nous dit-il, les différentes méthodes de curation ne peuvent point se transmettre dans les livres ; elles sont déterminées par les lieux, les instants, les circonstances ; en un mot, par la présence seule des sujets» [5], de la «sensibilité individuelle» [6], de «l'habitude» [7], des «âges» [8], des

(5) J.L. ALIBERT, *Éléments de thérapeutique*, p. XI.
(6) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XIII.
(7) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XVIII.
(8) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXI.

«sexes» [9], du «régime ordinaire» [10], du «climat» [11], des «saisons» [12], et des «affections morales» [13].

Hahnemann, de son côté, exprime en quelques lignes la même idée :

> «Les médicaments simples développent chez l'homme sain des effets qui sont propres à chacun d'eux : ils ne les produisent cependant ni tous ensemble ou suivant une série unique et constante, ni tous chez chaque individu, mais les uns peut-être aujourd'hui, les autres demain ; celui-ci en premier lieu chez Caïus, celui-là en troisième lieu chez Titius [...]» [14].

2. Le principe de la *stabilité dynamique* des êtres vivants et donc de l'homme

Alibert pose cette loi en priorité :

> «Grande loi de l'économie animale, qui fait qu'elle se conserve, et qu'elle résiste aux causes destructives qui la menacent, autant que le permet sa propre énergie ; [...] force [...] qui régit, dans le corps humain, cette réunion admirable de systèmes, qui, par leur structure, leur accord, leur dépendance réciproque, et le noble commerce de leurs fonctions, concourent à former le plus bel édifice vivant de la nature» [15].

D'où, à partir de cette conception dynamique de la vie dans l'état de santé, une perspective analogue pour la médecine lors de la maladie :

> «[...] l'acte qui constitue la vie a donc un but entièrement analogue à celui que propose la médecine ; et celle-ci ne

(9) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXII.
(10) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXIV.
(11) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXV.
(12) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXVII.
(13) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXIX.
(14) S. HAHNEMANN, *Fragmenta de viribus medicamentorum sive in sano corpore observatis*, p. V.
(15) J.L. ALIBERT, *Éléments de thérapeutique*, pp. III-IV.

> doit faire que ce que la nature ferait elle-même, si elle procédait avec ordre. [...] l'objet final de la matière médicale étoit (référence à Bordeu) de régulariser et de diriger convenablement les efforts salutaires des facultés vitales» [16].

Hahnemann ne fait pas, dans ce traité expérimental de 1805, de rappel de ce principe qui est sous-jacent à son principe «*similia similibus*». Cela a été dit ailleurs et est présupposé. En effet, c'est parce que les systèmes vivants ont cette tendance à conserver et rétablir activement leur propre équilibre en cas de stimulus ou d'attaque extérieure, qu'il est posssible de comprendre qu'une substance qui provoque la fièvre chez un organisme sain soit précisément celle qui puisse soigner la fièvre d'un organisme malade. La loi des semblables est fondée sur cette loi de stabilité dynamique des systèmes vivants, appelée aussi loi de réaction. Alibert dira plus loin : «Un des grands vices de la Thérapeutique actuelle est d'abuser des médicamens, et d'accoutumer la nature à l'inaction» [17]. Par exemple, si je neutralise l'acidité gastrique par l'absorption d'une base, l'organisme s'habitue progressivement à ne plus équilibrer lui-même son acidité. Si, à l'inverse, je laisse la nature se défendre ou mieux si je la stimule à réagir en lui donnant de l'extérieur une petite quantité d'acide supplémentaire, l'organisme rétablira peut-être son équilibre en produisant *lui-même* la base qui lui manque. C'est schématique, mais c'est la logique de l'hypothèse homéopathique et finalement la logique de Alibert en est très proche...

Hahnemann, dans tous ses exemples commentés de l'article de 1796, est très explicite sur ce point. Dans un autre petit article de la même époque, à savoir *La médecine de l'expérience* (1805), il dit ce que l'expérience commune sait à propos des somnifères :

> «Ainsi, il n'est pas rare qu'une insomnie chronique cède pour quelque temps à des doses journalières d'opium prise le soir, parce que l'effet primitif de cette substance qui agit ici comme palliatif, est de porter au sommeil ; mais comme son effet secondaire est de produire l'insomnie, c'est à dire d'ajouter à la maladie primitive, on est obligé d'augmenter continuellement la dose jusqu'à ce [...]» [18].

(16) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, pp. IV-V.
(17) J.L. ALIBERT, *Op. cit.*, p. XXXIII.
(18) S. HAHNEMANN, *La médecine de l'expérience*, p. 351.

Ces deux grands principes étant supposés et communs pour les deux chercheurs, d'autres théories explicatives mais surtout d'autres principes de recherche vont être ajoutés par Alibert et ce sont ceux-ci qui vont finalement différencier le projet théorique et méthodologique, on pourrait ajouter aussi épistémologique en référence à notre discussion préalable sur le réalisme, de chaque auteur et de chaque traité.

VI. Projets théoriques et épistémologies différentes

Non seulement leur compréhension globale du vivant est la même, mais encore leurs *intentions* respectives de départ semblaient cependant bien proches et typiquement celles de ce stade d'évolution de la médecine. *Chacun* dénonce l'inanité des méthodes et des théories médicales antérieures non fondées sur des données sûres et *a l'intention d'établir des «faits» d'expérience sur l'action des drogues.*

Ainsi, J.L. Alibert, citant Stahl dans la première rubrique de ses *Prolégomènes*, déclare vouloir «affranchir la thérapeutique de ces théories ténébreuses et mensongères qui ont détourné l'art de guérir» et plus loin il poursuit : «dans les essais nombreux que j'ai tentés à l'Hopital Saint-Louis, pour constater les vertus des remèdes [...], j'ai eu l'occasion de me convaincre que rien n'était plus sage que de chercher et de douter sans cesse dans une matière qui intéresse de si près la vie des hommes. Lorsqu'on fait usage de sa raison, on ne peut que verser le ridicule sur une multitude d'erreurs qui, [...]» [19]. Quant à Hahnemann :

> «En effet jusqu'à présent aucun médecin, que je sache, ne s'est inquiété de rechercher ce que les médicaments produisent par eux mêmes, c'est à dire les changements qu'ils amènent dans le corps en état général de santé, pour qu'ainsi l'on voie clairement à quelles maladies en général ils conviennent [...]. Quant à moi j'ai pensé qu'il valait mieux n'administrer au malade d'autres médicaments que ceux dont l'effet chez l'homme sain (il convient de les appeler absolus ou positifs) auraient été reconnus par moi auparavant, et, autant que possible, constatés et expérimentés» [20].

(19) J.L. ALIBERT, *Éléments de thérapeutique*, p. XXXIV.

(20) S. HAHNEMANN, *Fragments sur les effets positifs des médicaments observés chez l'homme sain*, préface, p. 1.

Leurs conceptions théoriques de la vie (on pourrait dire leurs philosophies de la vie) et réciproquement de la finalité de la thérapeutique sont comparables dans leurs grandes lignes et relèvent d'une conception dynamique et globale des systèmes vivants (une approche systémique, dirions-nous actuellement), mais pour pouvoir les appliquer à une thérapeutique concrète lors d'une maladie particulière, il faut encore établir des connaissances médicales et factuelles précises. Et c'est là que les chemins se séparent radicalement.

Les deux auteurs vont se donner *des projets de recherche bien différents*, sous-tendus par *des épistémologies différentes* de la connaissance médicale.

Pour Hahnemann, c'est le symptôme, ou l'effet phénoménal enregistré au niveau de l'organisme dans sa globalité, qui est le signe à la fois du trouble entraîné par la maladie, à la fois du trouble provoqué par une substance chez un organisme sain. *C'est donc le symptôme qui est la connaissance de base à établir* pour appliquer judicieusement une substance à une maladie particulière. Dans son premier volume de 269 pages, Hahnemann s'attache à distinguer finement tous les symptômes provoqués par les vingt-six substances, végétales et parfois minérales, testées sur l' organisme sain, et à nous informer de leur délai d'apparition et de leur fréquence. Après ses propres observations, il nous renseigne les références bibliographiques d'ouvrages ayant mentionné certains symptômes pour les mêmes substances et sans doute dans les mêmes conditions, soit en état de santé. Dans le second volume de son ouvrage comprenant 470 pages, un index reprend par ordre alphabétique tous les symptômes mentionnés dans le premier ouvrage et renvoit aux substances qui les ont fait apparaître (cf. ill.). Il se garde bien de proposer la moindre hypothèse explicative sur le mode d'action de la substance ni sur le lien que l'on pourrait établir entre celui-ci et le symptôme manifesté au niveau global.

Tout à l'inverse, Alibert défend que les connaissances de base pour fonder la thérapeutique sont le *mode d'action des substances sur l'organisme, les causes et modes d'action de la maladie, la connaissance des parties anatomiques affectées* par la maladie en référence à leur état physiologique sain. Il écrit d'ailleurs, en guise de conclusion à son premier volume:

> «On a pu déjà se convaincre que mon but constant, dans mes leçons de Thérapeutique, a été de montrer aux élèves les liens nécessaires qui unissent la matière médicale à la physiologie et à la pathologie ; en effet, ces deux dernières sciences expliquent, pour ainsi dire, de concert, et les phénomènes organiques qui conservent les fonctions du

> corps humain, et les causes diverses qui nuisent à son harmonie, aussi bien que les symptômes qui en décèlent les différentes altérations» [21].

On trouve là exprimé ce qui sera le projet théorique de la médecine scientifique, repris par Claude Bernard qui lui appliquera une méthodologie expérimentale rigoureuse, absente ici à ce stade d'évolution de la médecine, chez nos deux auteurs d'ailleurs. Bien sûr, concrètement, les modes d'action supposés ou les théories explicatives utilisées par Alibert pour rendre compte des maladies ou de leur traitement étant souvent de pures hypothèses rassemblant des faits mal établis et peu précis, elles pouvaient être sujettes à caution et sembler actuellement peu «scientifiques».

C'est pour cette raison-même que Hahnemann refuse les hypothèses sur les causes profondes des maladies autres que les maladies qui dépendent clairement d'une cause visible et matérielle, une écharde dans un pied ou aussi une maladie épidémique causée par un «miasme» [22]. On lira plus tard aussi dans le *Traité de matière médicale*, reprenant de 1811 à 1821 d'une manière plus complète le traité *Fragmenta* de 1805 :

> «S'il est une matière qui mette au jour avec certitude la destination des substances médicinales, ce doit être celle qui s'abstient de toute conjecture et de toute assertion vague relativement aux prétendues vertus dont elles sont douées, et qui se contente d'indiquer ce que les médicaments manifestent de leur vraie tendance à agir par les symptômes auxquels ils donnent lieu dans le corps humain» [23].

La théorie explicative de base qu'Alibert nomme d'ailleurs «centre commun auquel viennent se rattacher toutes les vérités de la science de l'homme», et où il se réfère à Chaussier de l'école de Montpellier, est «la doctrine expérimentale de la sensibilité et de l'irritabilité, considérées dans les divers systèmes d'organes dont l'économie vivante se compose» [24]. C'est cette perspective qui va rendre compte de l'organisation et de la présentation concrète de son traité. En effet, les chapitres suivent la localisation

(21) J.L. ALIBERT, *Éléments de thérapeutique*, p. 570.

(22) Cf. S. HAHNEMANN, *Trois méthodes accréditées de traitement*.

(23) S. HAHNEMANN, *Traité de matière médicale ou de l'action pure des médicaments homéopathiques*, pp. 5-6.

(24) J.L. ALIBERT, *Éléments de thérapeutique*, p. XXXI.

des systèmes anatomiques. Par exemple, le premier volume compte 570 pages et présente *Les médicamens qui agissent sur le système des voies digestives* (ch.I) et *Les médicamens qui agissent sur le système des voies urinaires* (ch.II). À l'intérieur de chaque chapitre, d'autres catégories sont établies suivant les organes, l'origine végétale, animale ou minérale de la substance, ou encore le mode d'action supposé (action sur la contractilité fibrillaire ou sur la contractilité musculaire, par exemple). Chaque substance est présentée dans son histoire naturelle, ses propriétés physiques, chimiques et médicinales. Des mémoires d'expériences sont cités et dans certains cas, on y voit apparaître le modèle de l'expérience physiologique sur des animaux, suivie d'une dissection, qui a été systématiquement utilisée plus tard par exemple par François Magendie, le maître de Claude Bernard, et relatée dans un ouvrage de thérapeutique de celui-ci (25). Tous ces aspects de méthode et types de résultats sont déjà critiqués par l'article de 1796 de Hahnemann : l'utilisation de l'analyse des propriétés chimiques, des propriétés physiques des plantes, et surtout la référence à des expériences de test d'une substance sur des animaux auxquelles Hahnemann s'est toujours opposé, fidèle en cela aux principes théoriques qu'il affirme dans son système (individualité des malades et des remèdes et stabilité dynamique des organismes dans leur globalité). Certains textes d'argumentation sont très explicites à ce point de vue et assez cohérents avec la philosophie du vivant (nous dirions maintenant une conception systémique plutôt qu'analytique) qu'il a développée (26). En effet, si l'on défend le principe théorique de l'individualité des malades et des remèdes, il semble abusif de comparer entre eux dans leurs réactions, l'homme et l'animal de laboratoire.

Parfois, il est fait référence aux observations provoquées de Alibert lui-même avec Ph. Pinel à l'Hospice de la Salpétrière, par exemple, un traitement appliqué à une ligne de lits de malades, la ligne opposée étant le groupe témoin (27).

VII. Méthodes expérimentales mises en œuvre

La difficulté d'établir, à partir des expériences relatées par l'ouvrage de J.L. Alibert, des «faits» scientifiques précis tient sans doute au type de

(25) Fr. MAGENDIE, *Formulaire pour la préparation et l'emploi de plusieurs médicamens*.

(26) S. HAHNEMANN, *Essai sur un nouveau principe pour découvrir les vertus curatives des substances médicinales*, p. 17.

(27) J.L. ALIBERT, *Éléments de thérapeutique*, tome II, p. 173.

dispositif expérimental et à une méthode qui n'avait pas encore la possibilité effective de réaliser, même d'une manière approchée, le fameux isolement des facteurs, ce qui sera le souci constant d'un Claude Bernard.

Le dispositif préconisé par Hahnemann, tout en utilisant comme critère d'observation le symptôme avec toute sa subjectivité relative dans certains cas, manifeste à ce point de vue une préoccupation plus grande d'isoler les variables testées. Il préconise de tester les substances simples, jamais les médicaments composés dont les effets se compliquent l'un par l'autre. Il insiste sur le fait que l'on doit connaître les effets absolus des médicaments, soit ceux qui se manifestent dans l'état de santé, car «les effets des médicaments lorsque nous les employons au milieu du trouble des maladies, n'apparaissent point tels qu'ils sont par eux-mêmes, mais modifiés par les symptômes du mal. Ce sont des phénomènes d'une nature entièrement mixte et compliquée qui rendent la médecine empirique lorsqu'elle les prend pour base» (28). Cette préoccupation méthodologique fait bien sûr partie du système théorique homéopathique. Alibert pour sa part ne mentionne que les effets curatifs, donc relatifs pour Hahnemann, des médicamens ; il ne mentionne les symptômes positifs que lorsqu'il décrit des empoisonnements accidentels par une substance toxique. C'est ainsi que j'ai cherché à comparer ce type de donnée pour des plantes réputées vénéneuses et examinées dans les deux ouvrages. Que ce soit pour la Belladone, la Digitale ou l'Ellebore blanc, on trouve en première analyse très peu de traits communs mentionnés de part et d'autre, même pour les symptômes dits les plus saillants dans les compte-rendus de Hahnemann.

Par ailleurs, même si la préoccupation d'isoler les variables testées est plus explicite dans les expériences de Hahnemann, on n'a cependant pas le sentiment non plus, du point de vue de scientifique qui est le nôtre actuellement, de se trouver en présence de «faits» clairement circonscrits et établis. On n'a aucune indication méthodologique précise sur le nombre de cas examinés, la répétition des expériences (ce qui semble habituel pour la science de cette époque), il mentionne simplement une différence de fréquence d'observation en notant en caractères gras les symptômes qui se manifestent classiquement dans l'absorption d'une drogue et en italiques ou entre parenthèses, ceux qui ne se sont que très rarement présentés. Mais surtout, dans ce traité-ci de 1805, aucune précision n'est donnée sur les doses de substance absorbée qui provoquent les effets primaires et secondaires ou seuls les effets primaires. Or on sait que cet aspect sera développé

(28) S. HAHNEMANN, *Fragmenta de viribus medicamentorum sive in sano corpore observatis*, p. IV.

plus tard d'une manière systématique dans sa doctrine homéopathique. Il mentionne ici que les «doses fortes» provoquent successivement différents types de symptômes appelés suivant leur délai d'apparition, primaires, secondaires et parfois tertiaires. Les doses faibles ne présentant pour leur part que la première série d'effets. C'est sans doute là qu'il faut voir l'origine de l'idée progressive de diluer les drogues pour cibler leur action sur les symptômes visés de premier ordre uniquement.

VIII. Conclusion : Essai d'interprétation de la marginalisation de la médecine homéopathique par rapport à la médecine scientifique naissante

1. La question des dilutions infinitésimales

Nous laisserons de côté pour le moment le premier argument qui est souvent avancé par les partisans de la médecine scientifique à l'encontre de l'homéopathie, à savoir celui des dilutions infinitésimales et de l'impossibilité pour une substance de rester suffisamment active sur l'organisme dans ces conditions. Ces dilutions-là ne sont d'ailleurs pas pratiquées par tous les homéopathes et en tous cas pas par Hahnemann à ses débuts. Le problème de la dilution a été amorcé à partir de la considération des effets de premier ordre et de second ordre dont la présence dépend du dosage de substance utilisé. Cela semble être une logique essentiellement expérimentale qui s'est développée d'une manière autonome à l'intérieur de l'homéopathie. De même, la méthode de préparation par trituration pour les solides et secousses répétées pour les liquides ont été dénoncées comme pratiques mystérieuses faisant songer aux pratiques alchimiques. Cela a sans doute beaucoup contribué à nourrir les polémiques de ses adversaires, mais ne semble pas rigoureusement constitutif du système théorique : c'est donc un faux procès fait à l'homéopathie. Le commentaire de l'édition française de 1873 faite sur la dernière édition allemande de l'*Organon* par Léon Simon père est très intéressant sur ces aspects [29].

2. Le dogmatisme croissant de la doctrine homéopathique de Hahnemann

En considérant l'évolution du contenu théorique de ses différents articles ou ouvrages, depuis 1796 jusqu'à 1821 *(Matière médicale pure*, 1811-1821),

(29) S. HAHNEMANN, *Exposition de la doctrine homéopathique ou Organon de l'art de guérir*.

on est frappé de constater que les affirmations de Hahnemann, très nuancées et argumentées dans son premier article, deviennent de plus en plus dogmatiques dans les ouvrages successifs. Si au départ, la thérapeutique classique était encore examinée avec attention, finalement Hahnemann affirme que l'homéopathie est la seule thérapeutique valable dans tous les cas. Il s'est donc lui-même, par cette attitude radicale, marginalisé du reste de la médecine en évolution, dont il a été exclu de facto.

3. Interprétation sociologique du processus de marginalisation de l'homéopathie face à la médecine dite scientifique

On m'a fait judicieusement remarquer que la marginalisation d'un courant de recherche en médecine se perpétue à partir du moment où la décision de ne pas intégrer son enseignement dans le cadre de la formation professionnelle du médecin est laissée à ses seuls opposants représentant le système médical dominant, et non à une discussion publique intégrant l'avis des «usagers». Le cas de l'homéopathie illustre bien ce processus de protection d'une profession, ici la médecine, qui en garantit la normalisation mais en entraine aussi la rigidité.

Hahnemann lui-même, à son époque, a dû faire face à cette méthode sociologique de marginalisation de sa thérapeutique, puisque un décret du gouvernement de Metternich en 1819 lui interdisait de préparer ses médicaments et donc de pratiquer sa médecine homéopathique en invoquant la raison que c'était le privilège reconnu des pharmaciens.

4. Interprétation épistémologique : L'anti-réalisme de Hahnemann

La dernière raison invoquée est celle que j'ai tenté de montrer ici, que l'homéopathie a voulu rester une médecine symptomatique, essentiellement tournée vers la thérapeutique. Elle s'est abstenue de rechercher les mécanismes d'action des substances utilisées et cela a certainement contribué à freiner son articulation au développement parallèle de la médecine dite scientifique.

La comparaison des deux ouvrages contemporains, 1805 et 1804, a montré qu'ils participaient tous les deux d'une même volonté de réformer la médecine en partant de données expérimentales positives, pour l'un les symptômes positifs provoqués par les médicaments sur les corps sains confrontés aux symptômes des maladies, pour l'autre le mode d'action des médicaments sur les organes malades. Ils sont tous deux le reflet d'une modernité de la médecine à ce point de vue, même si leur procédure expérimentale, sous des critères différents, n'est pas encore de type scientifique,

si on se rapporte au modèle proposé plus tard par les expériences de Claude Bernard.

L'analyse comparative a permis de montrer une philosophie du vivant et de la médecine commune aux deux auteurs. Mais face à cela, c'est le projet de recherche de Hahnemann (son projet théorique et la méthodologie qu'il met en place) et son épistémologie qui marque une plus grande cohérence logique avec sa philosophie de la vie. Le système proposé par Hahnemann est étonnamment «moderne» et très signifiant pour notre sensibilité actuelle, qui nous a amenés à percevoir les limites de l'organicisme en médecine, dont Hahnemann donne par ailleurs une critique remarquablement pertinente.

Georges Canguilhem, médecin et philosophe, a discuté d'une manière très éclairante [30] ce type de problème épistémologique propre à la connaissance du vivant en opposant Xavier Bichat, défenseur du vitalisme, à Claude Bernard, porte-parole d'une compréhension du vivant en terme de mécanisme. Toute la difficulté du système de Cl. Bernard tient au fait qu'il défend que le vivant peut se réduire à un système de lois mécaniques à la manière des systèmes physiques, ce qui conduit à pouvoir établir un type ou une norme de fonctionnement valable pour tous mais en même temps, sa pratique l'oblige à reconnaître que chaque individu est particulier dans ses réactions (principe d'individualité posé par Hahnemann comme par Alibert), donc aucun ne correspond au type idéal posé. On travaille donc avec des «types» qu'on ne rencontre jamais. Bichat ne rencontre pas ce même problème parce que son système met l'accent sur le Tout et ses propriétés et qu'à ce point de vue l'individualité est dans la logique du système, l'état pathologique et l'état normal n'en sont que des formes différentes d'équilibre. Et pourtant ici aussi, malgré une plus grande cohérence logique mais pour d'autres raisons, l'histoire a privilégié la médecine héritière de Claude Bernard.

L'interprétation épistémologique posée au départ peut rendre compte encore, du moins partiellement, de la marginalisation de l'homéopathie dans le monde médical scientifique naissant. Hahnemann et ses partisans se sont eux-mêmes limités à un phénoménisme de principe, une option anti-réaliste. En fondant toute l'homéopathie sur l'étude des symptômes (des maladies comme des drogues à l'état positif), ils ont refusé de poser des hypothèses sur la cause des maladies, sur leur essence, parce qu'ils jugeaient ces hypothèses trop spéculatives et trop sujettes à caution dans l'état d'avancement

(30) Cf. G. CANGUILHEM, *Le normal et le pathologique* et *La connaissance de la vie*.

de leur science. Réciproquement,malgré toutes les erreurs auxquelles elle a conduit la médecine pendant longtemps, c'est l'option réaliste, adoptée déjà par un contemporain tel que Alibert et développée dans une méthodologie rigoureuse par un chercheur tel que Claude Bernard, qui a été un moteur de l'acquisition de connaissances en médecine. Nous rejoignons en cela les interprétations épistémologiques de même type portant sur l'évolution des connaissances en physique que j'ai évoquées dans l'introduction de cet article.

Dans cette perspective, il est facile de comprendre comment l'homéopathie dans ses principes théoriques et dans ses méthodes d'approche de la personne a actuellement un succès de plus en plus grand dans nos sociétés occidentales. Celles-ci ont intégré les acquis des connaissances médicales «scientifiques» donc standardisées et normalisées ; mais elles en perçoivent maintenant les limites par leur difficulté à prendre en compte l'individualité de chaque malade. Dans cette perspective, les polémiques étant oubliées, une complémentarité devrait pouvoir s'établir entre les deux types de médecine, reconnaissant à chacun leurs logiques d'élaboration et leurs champs d'action respectifs.

283

panis fusci sapor acidus, (*Cinch.* 95, 2.)
panis fusci cerealis nausea et ab eo salivae affluxus in ore, *Nux v.* 190, 14.
sub papula mammae nodus durus tactu dolorosus, per se dolore interdum strictorio lacerante, *Cham.* 89, 8.
papulae miliares in genis, *Cham.* 88, 8.
papulae miliares cutis erythemata obsidentes, *Cham.* 88, 9.
ex paralysi aut spasmo oesophagi indeglutitio, *Cocc.* 110, 4.
paralysis, (*Op.* 209, 2.)
paralysis cruris et brachii alterius, (*Acon.* 110, 14.)
paralysi in crure et brachio sinistro similis stupor, ita ut manum summam vix movere possit, (*Acon.* 11, 7.)
paralysis extremitatum inferiorum, (*Bell.* 39, 9.)
paralysis artuum, (*Stram.* 245, 6. 246, 13.)
paralysis ani volatica, *Acon.* 2, 15,
paralysis ani sphincteris, (*Bell.* 39, 7.)
paralysis lateris sinistri in dextri lateris paralysin mutata, (*Acon.* 11. 8.
paralysis linguae volatica, *Acon.* 2, 17.
paralysis linguae, (*Op.* 209, 11.)
paralysis pedum, (*Cinch.* 102, 4.)
paralysis pharyngis, *Cocc.* 110, 4.
paralysis pupillarum (continua), (*Stram.* 250, 6.)
paralysis vesicae urinariae sphincteris, (*Bell.* 39, 8.)
paralysis vesicae volatica, *Acon.* 2, 16.
paralysis vesicae, *Hyos.* 133, 4.
paralytica crura, (*Stram.* 246, 19.)
paralytica oris partium atonia, (*Bell.* 38, 14.)
paralytica, subita, volatica femoris asthenia inter eundum, *Puls.* 229, 12.
paralytica asthenia pollicis et indicis cum dolore quasi a distortione inter motum percipiendus, *Cham.* 78, 2.
paralytica asthenia artuum cum dolore periostii, *Cham.* 77, 9.
paralytica debilitas artuum, *Acris* 15, 10
paralyticae astheniae paroxysmi cum dorsi dolore, *Cocc.* 107, 8.
paralytica asthenia post sessum in cruribus et femoribus, *Acon.* 3, 1.
quasi paralytica artuum inferiorum immobilitas, cum vulsionibus singulis, *Ign.* 150, 13.
paralytica pedum immobilitas, *Cocc.* 107, 7.

Illustration n°1.
Extrait du second volume (Index) des *Fragmenta de viribus* de S. Hahnemann (édition latine de 1805, page 283).

Bibliographie

ALIBERT (J.L.), *Éléments de thérapeutique suivis d'un Essai sur le nouvel art de formuler*. – Paris : Crapart, Caille et Ravier, 1804.

CANGUILHEM (G.), *Le normal et le pathologique*. – 5e édition. – Paris : Presses Universitaires de France, 1984.

—, *La connaissance de la vie*. – 2e édition. – Paris : J. Vrin, 1969.

HAHNEMANN (S.), *Essai sur un nouveau principe pour découvrir les vertus curatives des substances médicinales, suivi de quelques aperçus sur les principes admis jusqu'à nos jours* / traduction française de JOURDAN et SCHLESING, dans *Opuscules divers*. – s.l., s.d.

—, *Exposition de la doctrine homoeopathique ou Organon de l'art de guérir* / traduit de l'allemand sur la dernière édition par le Docteur A.-J.-L. JOURDAN. – 5e édition augmentée de commentaires et d'une notice sur la vie, les travaux et la doctrine de l'auteur, par Léon SIMON, père. – Paris : Baillière, 1873.

—, *Fragmenta de viribus medicamentorum sive in sano corpore observatis*. – Lipsiae, 1805.

—, *Fragments sur les effets positifs des médicaments observés chez l'homme sain* / traduction française du premier tome du texte latin de 1805 par CHAMPEAUX et MILCENT, in *L'Art Médical*, 1855. – Réédition de cette traduction dans la *Revue Belge d'Homéopathie*, en 1956.

—, *La médecine de l'expérience* / traduction française de JOURDAN et SCHLESING, dans *Opuscules divers*. – s.l., s.d.

—, *Traité de matière médicale ou de l'action pure des médicaments homoéopathiques avec des tables proportionnelles de l'influence que diverses circonstances exercent sur cette action* / tables de C. BOENNINGHAUSEN ; traduit de l'allemand par A.-J.-L. JOURDAN. – Paris : Baillière, 1834.

—, *Trois méthodes accréditées de traitement* / traduction française de JOURDAN et SCHLESING, dans *Opuscules divers*. – s.l., s.d.

MAGENDIE (Fr.), *Formulaire pour la préparation et l'emploi de plusieurs médicamens*. – 7e édition revue et corrigée. – Paris : Méquignon-Parvis, 1829.

THUILLIER (P.), *La résistible ascension de la théorie atomique*, dans *D'Archimède à Einstein : Les faces cachées de l'invention scientifique* / par P. THUILLIER. – Paris : Arthème Fayard, 1988. – pp. 227-242. – (Le temps des sciences).

VERLET (L.), *La malle de Newton*. – Paris : Éditions Gallimard, 1993. – (Bibliothèque des sciences humaines).

La Terre tourne-t-elle ?
À propos de la philosophie scientifique de Poincaré

Jean Mawhin
Professeur à l'Université catholique de Louvain

I. Un livre qui fait scandale

En 1902, dans un ouvrage de philosophie scientifique publié par un éditeur réputé sérieux dans une collection qui ne l'est pas moins, on peut lire le texte suivant :

> «Dès lors, cette affirmation : “la Terre tourne”, n'a aucun sens, puisqu'aucune expérience ne permettra de la vérifier; puisqu'une telle expérience, non seulement ne pourrait être ni réalisée, ni rêvée par le Jules Verne le plus hardi, mais ne peut être conçue sans contradiction ; ou plutôt ces deux propositions : “la Terre tourne”, et “il est plus commode de supposer que la Terre tourne”, ont un seul et même sens ; il n'y a rien de plus dans l'une que dans l'autre» (1).

S'agit-il d'un de ces ouvrages écrits par un auteur farfelu, réactionnaire, mystique ou pseudo-scientifique comme le *De l'impossibilité du système astronomique de Copernic et Newton* de l'écrivain Mercier (contemporain du *Traité de mécanique céleste* de Laplace), comme l'*Anti-Copernic* de l'abbé Matalène (postérieur à la découverte des parallaxes stellaires), comme le *Vrai système du monde* de l'imprimeur-libraire Demonville (que Napoléon emprisonnera pour un libelle politique) ? S'agit-il d'un précurseur de pamphlets publiés au XXe siècle comme *La Terre ne tourne pas* de Raïotvitch en 1936 et *La réfutation du système de Copernic* de la veuve Pierrel en 1939,

(1) H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse*, p. 141.

ou comme *La Terre ne bouge pas* du polytechnicien Plaisant (1934) et *Galilée avait-il tort ou raison ?* de Fernand Crombette (1967), qui se fondent tous deux sur l'expérience de Michelson-Morley [(2)]?

Pas du tout. L'auteur des lignes citées est reconnu comme le plus grand savant de l'époque. Il s'appelle Henri Poincaré et est issu d'une famille d'intellectuels lorrains: son père est professeur de médecine, son oncle polytechnicien, un cousin germain deviendra président de la république et un autre directeur de l'enseignement en France. Sa sœur Aline épousera le philosophe Émile Boutroux et leur fils Pierre sera un mathématicien et un philosophe réputé. Né en 1854, polytechnicien et docteur en sciences mathématiques de la Faculté des sciences de Paris en 1879, Poincaré aura une carrière académique fulgurante qui, après un bref séjour à Caen pour y enseigner l'analyse, le ramènera à la Faculté des sciences de Paris dès 1881 comme chargé de cours d'analyse et de mécanique physique et expérimentale, avant d'occuper successivement les chaires de physique mathématique et calcul des probabilités et d'astronomie mathématique et mécanique céleste. Poincaré enseignera aussi l'astronomie à l'École polytechnique et l'électricité théorique à l'École professionnelle supérieure des postes et des télégraphes de Paris. Ses recherches porteront sur tous les domaines des mathématiques, de la physique mathématique, de l'astronomie et de la mécanique céleste. Entre autres choses, Poincaré est le créateur de la théorie des fonctions automorphes (qui généralisent les fonctions elliptiques), de la théorie qualitative des équations différentielles non linéaires (en particulier de ce qu'on nomme aujourd'hui la théorie de la bifurcation et la théorie du chaos), de la topologie algébrique et de la mathématique de la relativité restreinte (en particulier de ce qu'on appelle erronément l'espace-temps de Minkowski). Ses articles scientifiques formeront dix gros volumes in-quarto, auxquels il faut ajouter quelque vingt-cinq traités !

En 1902, Poincaré est membre de l'Académie des sciences de Paris depuis quinze ans déjà (il sera élu à l'Académie française en 1908, au fauteuil de Sully-Prudhomme), ainsi que d'une quinzaine d'académies étrangères. C'est le 15 décembre 1902 qu'il devient membre associé de la nôtre. En 1900, Poincaré a présidé le Congrès international des mathématiques et a été vice-président du Congrès de physique à Paris. Il préside la Société astronomique de France depuis 1901 et dirige le comité de rédaction du *Bulletin Astronomique* depuis 1897. Agé de 48 ans, il ne paraît pas souffrir de démence sénile et les témoins de l'époque lui reconnaissent non seulement du génie mais aussi, au-delà des inévitables distractions qu'un excès

(2) Cf. J. GAPAILLARD, *Et pourtant elle tourne !,* pp. 283-293.

de concentration engendre, un comportement très sain. Et si le docteur Toulouse, médecin-chef de l'asile de Villejuif, lui consacre un ouvrage en 1910 (3), c'est dans le cadre d'une enquête médico-psychologique sur la supériorité intellectuelle.

Le livre dont nous avons cité un extrait s'intitule *La science et l'hypothèse* et paraît chez Flammarion dans la célèbre bibliothèque de philosophie scientifique. Il sera suivi par *La valeur de la science* (1905), *Science et méthode* (1908) et par *Dernières pensées* (1913), un ouvrage posthume.

L'année 1902 voit en France l'apogée du mouvement laïque anticlérical avec, en particulier, le vote du décret Combes (4) imposant la fermeture de plus de 2.500 écoles confessionnelles. Faut-il s'étonner dès lors que la presse conservatrice s'empare de l'affirmation de Poincaré pour clamer, sous son autorité, que la Terre ne tourne pas, que Poincaré, auxiliaire du grand Inquisiteur, se dresse contre Galilée, et que ce dernier avait été justement condamné. Tout cela finit par agacer Poincaré (un laïc tolérant) et le savant astronome écrit en 1904 à Camille Flammarion. Ce dernier, qui a déjà fait lui-même une mise au point dans le *Bulletin de la Société Astronomique de France*, y publie aussitôt la lettre sous le titre *La Terre tourne-t-elle ?* Poincaré précise encore sa pensée en 1905 dans son ouvrage *La valeur de la science.*

Nous y reviendrons. Mais ces mises au point ne réussissent pas à calmer les esprits puisque, dans le journal *Le Matin* du 20 février 1908, un théologien, Mgr Bolo, proclame encore : «Poincaré, qui est le plus grand mathématicien du siècle, donne tort à l'obstination de Galilée». Cela pousse le journaliste Jean Sourdon à interviewer directement Poincaré pour la *Revue Illustrée,* dont le numéro du 5 avril 1908 rapporte les paroles du mathématicien : «Vous pouvez, fait-il, d'un ton pince-sans-rire (qui me rappellerait Alphonse Allais s'il n'y avait trop d'irrévérence), vous pouvez vous risquer à le répéter sans danger : Elle tourne ! Galilée a eu raison ! E pur si muove». En même temps que cet interview, l'article contient une photographie de Poincaré avec sa signature et ces mots tracés de sa main : «E pur si muove». Le souvenir de cette aventure reste vivace dans l'esprit de Poincaré, puisqu'il la rappelle encore, en 1909, dans sa conférence *La mécanique nouvelle* (5) consacrée à la relativité restreinte.

(3) Dr TOULOUSE, *Enquête médico-psychologique sur la supériorité intellectuelle : Henri Poincaré.*

(4) L. CAPÉRAN, *L'invasion laïque : De l'avènement de Combes au vote de la séparation.*

(5) H. POINCARÉ, *La mécanique nouvelle,* p. 5.

II. Les preuves du mouvement de la Terre

Il semble pourtant, qu'à l'orée du XXe siècle, la science avait accumulé suffisamment de «preuves» en faveur de la rotation de la Terre sur elle-même et de son mouvement autour du Soleil.

Rappelons tout d'abord –car on lit souvent le contraire– que ni Copernic ni Galilée n'en possédaient, et que celles invoquées par le savant florentin (en particulier les marées) étaient fausses.

Pour le mouvement de la Terre autour du Soleil, c'est la *parallaxe stellaire* qui a servi d'argument pour attaquer le modèle copernicien d'abord, pour le défendre ensuite. La parallaxe d'une étoile est la moitié l'angle sous lequel on voit, de cette étoile, le grand-axe de l'orbite terrestre. C'est donc essentiellement le déplacement angulaire apparent de l'étoile pour deux observations séparées de six mois. En particulier, Tycho-Brahé, se fondant sur des estimations de la distance de la Terre à la sphère céleste qui remontent aux astronomes grecs, calcula que la parallaxe des étoiles devait être de 3˚1/2. Comme il n'en observait aucune, il rejeta le système de Copernic. De nombreux astronomes tentèrent de mettre en évidence cette parallaxe, mais c'est en 1834 seulement que Bessel réussit une telle mesure, pour l'étoile *61 Cygni.* Il trouva une parallaxe de 0'',314, alors que la mesure actuelle est de 0'',292. En 1839, on observa la parallaxe record de 1'' (0'',76 aujourd'hui) pour *Alpha Centauri,* une étoile triple dont la composante la plus rapprochée, *Proxima Centauri,* est ainsi l'étoile la plus proche du Soleil. À partir de la parallaxe et des dimensions de l'orbite terrestre, il est facile d'estimer la distance de *Proxima Centauri* au Soleil : elle est d'environ 40.000.000.000.000 km.

Ce sont des «preuves» mécaniques qui furent invoquées pour démontrer la rotation de la Terre sur elle-même. Newton déjà proposa de mesurer la déviation vers l'Est d'un corps pesant laché du sommet d'une tour élevée. L'expérience fut longtemps tentée sans succès, les erreurs étant trop grandes, et même la plus souvent citée, faite par Reich en 1831, n'a qu'une précision limitée.

Une «preuve» beaucoup plus convaincante fut donnée en 1851 par Léon Foucault. Elle est fondée sur l'invariance du plan d'oscillation d'un pendule. Expérimentant d'abord dans sa cave, avec un pendule de 2 mètres, puis à la salle méridienne de l'Observatoire de Paris, avec un pendule de 11 m., Foucault, à la demande du prince Louis-Napoléon Bonaparte, le futur Napoléon III, réalisa finalement sa célèbre expérience au Panthéon, avec un pendule de 67 mètres de long. Il la renouvellera à l'exposition universelle

de Paris de 1855, en utilisant cette fois un dispositif électromagnétique pour entretenir le mouvement du pendule. Ce pendule de Foucault, qu'on peut encore admirer au Conservatoire des arts et métiers, n'a pas manqué d'impressionner et d'inspirer récemment un romancier célèbre. À l'époque, il impressionna également notre compatriote Louis-Philippe Gilbert, professeur d'analyse et de mécanique à l'Université catholique de Louvain, qui écrivit «qu'en regardant tourner le plan d'oscillation du pendule de Foucault, un public illettré touchait en quelque sorte du doigt la rotation diurne du globe» (6). Gilbert inventera d'ailleurs un autre appareil mécanique, le barogyroscope, pour mettre en évidence la rotation de la Terre.

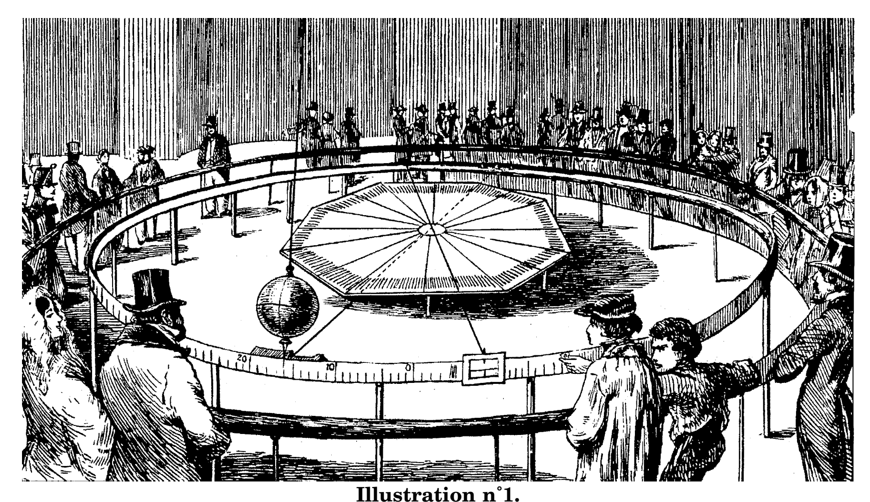


Illustration n°1.
L'expérience du pendule de Foucault, réalisée au Panthéon, d'après une gravure parue dans l'*Illustration* en 1852.

Car il ne fait aucun doute, pour Foucault et ses contemporains, qu'ils assistent à une manifestation du mouvement giratoire de la Terre. D'ailleurs, la note de Foucault annonçant son expérience aux *Comptes Rendus de l'Académie des Sciences de Paris* s'intitule *Démonstration physique du mouvement de rotation de la Terre au moyen du pendule*. Les pendules de Foucault vont fleurir aux quatre coins du monde et il est piquant de noter qu'un jésuite, le père Secchi, refera dès mai 1851 l'expérience du pendule à Rome, la ville où Galilée avait été condamné par l'Église deux siècles plus tôt.

(6) Ph. GILBERT, *Les preuves mécaniques de la rotation de la Terre,* pp. 367-368.

III. Mouvement relatif ou mouvement absolu ?

Quels arguments pouvait donc invoquer Poincaré, face à cette «évidence expérimentale» pour «mettre en doute» la rotation de la Terre ? Nous allons voir qu'il ne faisait que développer, avec un peu plus de force, des arguments soulevés depuis longtemps déjà par certains savants. Car si l'on veut parler de la rotation de la Terre, il faut d'abord se poser la question fondamentale : qu'est-ce que le mouvement ?

En nous inspirant de l'excellent ouvrage de J. Gapaillard [(7)], que doivent consulter tous ceux qui s'intéressent au mouvement de la Terre, citons quelques opinions à ce sujet, en commençant par le mathématicien et philosophe polonais Witelo ou Vitelio, au XIIIe siècle, dans sa *Perspective* :

> «Manifestement il n'est facile de comprendre le mouvement que par comparaison d'une chose que l'on voit se mouvoir par rapport à une autre que l'on voit se reposer immobile» [(8)].

Nicole Oresme précise ce point de vue un siècle plus tard :

> «De plus, je suppose, le mouvement d'un lieu à un autre ne peut être constaté avec évidence que dans la mesure où l'on constate qu'un corps se situe différemment par rapport à un autre corps. Ainsi, quand un homme est sur un bateau appelé *A* qui se meut sans à-coup notable, rapidement ou lentement, et que cet homme ne voit rien d'autre qu'un autre bateau appelé *B* qui se meut tout à fait exactement de la même façon que *A*, je dis qu'il semblera à cet homme que ni l'un ni l'autre de ces bateaux ne se meut. Si *A* est fixe et que *B* est en mouvement, il lui apparaît avec évidence que *B* est en mouvement ; si *A* est en mouvement et que *B* est fixe, il lui apparaît aussi que *A* est fixe et que *B* est en mouvement. [...] La cause en est que ces deux corps *A* et *B* ont continuellement relativité de regard l'un par rapport à l'autre, tout à fait de la même manière quand *A* est en mouvement et que *B* est fixe ou quand à

(7) Cf. J. GAPAILLARD, *Et pourtant elle tourne !*, pp. 294-301.
(8) Cité d'après J. GAPAILLARD, *Et pourtant elle tourne !*, p. 294.

> l'inverse *B* est en mouvement et *A* est fixe. Il est établi au livre IV de *La perspective* de Witelo que l'on ne constate un mouvement que dans la mesure où l'on constate qu'un corps se comporte d'une autre manière au regard d'un autre. [...] Il appert donc que l'on ne peut montrer par aucune expérience que le ciel est mû d'un mouvement journalier ; car en supposant qu'il soit mû ainsi et non la Terre, ou que la Terre se meuve et non le ciel, si un œil était au ciel et voyait clairement la Terre, elle semblerait mue, et si l'œil était sur Terre, le ciel semblerait mû [...] et néanmoins tous tiennent, et je crois qu'il [le ciel] est ainsi mû, et non la Terre. Mais en considérant tout ce qui a été dit, on pourrait, de là croire que la Terre est ainsi mue et non le ciel, et le contraire n'est pas évident» (9).

Au XVIIe siècle, chez Descartes, on lit ce qui suit :

> «Le mouvement selon la vérité [...] est le transport d'une partie de la matière, ou d'un corps, du voisinage de ceux qui le touchent immédiatement, et que nous considérons comme en repos, dans le voisinage de quelques autres. [...] Nous ne saurions concevoir que le corps *AB* soit transporté du voisinage du corps *CD*, que nous ne sachions aussi que le corps *CD* est transporté au voisinage du corps *AB*» (10).

Un peu plus tard, Leibniz est plus précis encore :

> «À peu près comme nous attribuons le mouvement plutôt au vaisseau qu'à la mer, et cela avec raison, bien que parlant abstraitement on pourrait soutenir une autre hypothèse du mouvement, le mouvement en lui-même, en faisant abstraction de la cause, étant toujours quelque chose de relatif» (11).

Cette *relativité du mouvement* à laquelle on est conduit va à l'encontre d'une tendance de notre esprit à répartir les objets en deux classes, ceux qui

(9) Cité d'après J. GAPAILLARD, *Et pourtant elle tourne !*, p. 295.
(10) Cité d'après J. GAPAILLARD, *Et pourtant elle tourne !*, pp. 293-294.
(11) Cité d'après J. GAPAILLARD, *Et pourtant elle tourne !*, p. 294.

sont fixes et ceux qui bougent, et les citations données témoignent encore de cette tendance. Newton, dans ses *Principia*, va la renforcer en postulant l'existence d'un *espace absolu*, impliquant que tout corps est soit fixe, soit en mouvement absolu. Les lois de sa mécanique ne seront valables, *a priori,* que pour les mouvements absolus.

Comme il avait critiqué la méthode des fluxions de Newton, (c'est-à-dire son calcul différentiel et intégral), l'évêque Berkeley critique cette conception de *mouvement absolu.* Il écrit en 1710 :

> «Le mouvement de la Terre est maintenant universellement admis par les astronomes comme une vérité basée sur les raisons les plus claires et les plus convaincantes. Mais d'après les principes précédents, une telle chose ne peut être. Car le mouvement étant seulement une idée, il suit que s'il n'est pas perçu il n'existe pas ; or le mouvement de la Terre n'est pas perçu par les sens. Je réponds que cette thèse, si elle est bien comprise, sera trouvée en accord avec les principes que nous avons posés : car la question [de savoir] si la Terre se meut ou non, revient en réalité à rien de plus que ceci, savoir si nous avons raison de conclure, de ce qui a été observé par les astronomes, que si nous étions placés dans telles ou telles position et distance, à la fois vis-à-vis de la Terre et du Soleil, nous percevrions la première se mouvoir parmi le collège des planètes et apparaître à tous égards comme l'une d'entre elles, et cela, par les règles de la Nature établies et dont nous n'avons aucune raison de nous défier, est raisonnablement déduit des phénomènes.
>
> «Je ne prendrai pas sur moi de faire des remarques sur la performance de cette extraordinaire personne [Newton] ; seulement certaines choses qu'il a avancées [sont] si directement opposées à la doctrine que nous avons développée jusqu'ici que ce serait un manquement aux égards dus à l'autorité d'un si grand homme si nous n'en faisions aucun cas. [...] Mais en dépit de ce qui a été dit, il ne m'apparaît pas qu'il puisse y avoir d'autre mouvement que relatif : de sorte que pour concevoir le mouvement il faut concevoir au moins deux corps, dont la distance ou la position de chacun par rapport à l'autre soit variable. Par conséquent, s'il n'existait qu'un seul corps, il ne lui serait pas possible d'être en mouvement. Ceci me semble très évident, l'idée

> que j'ai du mouvement comportant nécessairement une relation. [...] Car comme je l'ai déjà dit, le mouvement absolu, exclusif de toute relation externe, est incompréhensible» (12).

Les arguments de Berkeley sont purement cinématiques, mais l'expérience du seau de Newton (13) semblait prouver que les mouvements absolus existaient bel et bien pour la dynamique. Ce point de vue va être combattu par le physicien autrichien Ernst Mach, qui, dans un article de 1868 et surtout dans son livre *Die Mechanik in ihrer Entwickelung historisch-kritisch dargestellt* de 1883 (traduit en français en 1904), écrit :

> «Personne ne peut rien dire de l'espace absolu et du mouvement absolu qui sont des notions purement abstraites, qui ne peuvent en rien être le résultat de l'expérience. [...] Il semble que Newton ait fondé sur des raisons solides sa distinction entre mouvement absolu et mouvement relatif. Si la Terre est animée d'une [rotation] absolue autour de son axe, il s'ensuit que des forces centrifuges s'y manifestent, qu'elle est aplatie, que l'accélération de la pesanteur diminue à l'équateur, que le plan du pendule de Foucault tourne, etc. Tous ces phénomènes disparaissent si la Terre est au repos et si les corps célestes sont animés d'un mouvement absolu tel que la même rotation relative en résulte. Il en est en réalité ainsi si nous prenons a priori l'espace absolu pour point de départ ; mais en restant sur le terrain des faits, on ne connaît rien d'autre que l'espace et le mouvement relatifs. Abstraction fait de ce milieu inconnu de l'espace, qui ne doit pas être considéré, on trouve que les mouvements dans le système du monde sont relatifs et les mêmes, que l'on adopte le système de Ptolémée ou celui de Copernic. Ces deux conceptions sont également justes ; la second n'est que plus simple et plus pratique. [...] Il est donc impossible de dire comment seraient les choses si la Terre ne tournait pas. Tout ce que nous pouvons faire est d'interpréter de diverses façons ce

(12) Cité d'après J. GAPAILLARD, *Et pourtant, elle tourne !*, pp. 298-300.

(13) Voir par exemple M. GHINS, *L'inertie et l'espace-temps absolu de Newton à Einstein,* pp. 35-39 et A. LAUSBERG, *De l'espace absolu de Newton à l'espace-temps d'Einstein*, pp. 95-101.

> qui nous est donné. [...] L'expérience du vase rempli d'eau et animé d'un mouvement de rotation nous apprend que la rotation relative de l'eau par rapport au vase n'éveille pas de forces centrifuges apparentes, mais que celles-ci sont éveillées par un mouvement relatif par rapport à la masse de la Terre et aux autres corps célestes ; elle ne nous apprend rien de plus. Personne ne saurait dire ce que l'expérience aurait donné si la paroi du vase avait été rendue plus épaisse et plus massive, jusqu'à avoir une épaisseur de plusieurs lieues. [...] D'après moi il n'existe somme toute qu'un mouvement relatif et je n'aperçois à cet égard aucune distinction entre la rotation et la translation. Une rotation relativement aux étoiles fixes fait naître dans un corps des forces d'éloignement de l'axe ; si la rotation n'est pas relative aux étoiles fixes, ces forces d'éloignement n'existent pas. [...] Pouvons-nous fixer le vase d'eau de Newton, faire ensuite tourner le ciel des étoiles fixes, et prouver alors que ces forces d'éloignement son absentes ? Cette expérience est irréalisable, cette idée est dépourvue de sens, car les deux cas sont indiscernables l'un de l'autre dans la perception sensible. Je considère donc ces deux cas comme n'en formant qu'un seul et la distinction qu'en fait Newton comme illusoire» (14).

Ces idées de Mach trouveront un écho dans des écrits de Duhem en 1909 et leur aboutissement dans la relativité générale d'Einstein, ainsi qu'on pourra le lire ailleurs (15). Même dans les ouvrages de mécanique classique, la notion de mouvement absolu sera maniée avec beaucoup de prudence et nombre d'entre eux, parmi les plus connus, ne parleront plus de l'expérience de Foucault comme «preuve» de la rotation de la Terre.

Il convient également de signaler, qu'à la même époque, les expériences optiques du type de Michelson-Morley pour mesurer la vitesse de la Terre par rapport à l'éther donnaient des réponses négatives. Or cet hypothétique éther avait été assimilé par plus d'un savant à ce repère absolu nécessaire à la mécanique newtonienne.

(14) E. MACH, *La mécanique : Exposé historique et critique de son développement*, pp. 222-225.

(15) Ch. NORDMANN, *Le royaume des cieux*, pp. 208-249 et A. LAUSBERG, *De l'espace absolu de Newton à l'espace-temps d'Einstein,* pp. 195-215.

IV. La position de Poincaré

Nous allons expliciter la position de Poincaré à travers ses écrits. Dans *La science et l'hypothèse* (1902), au chapitre VII : *Le mouvement relatif et le mouvement absolu*, Poincaré discute la notion de mouvement relatif :

> «L'argument de Newton. – Ici, nous rencontrons une question fort importante et même un peu troublante. J'ai dit que le principe du mouvement relatif n'était pas seulement pour nous un résultat d'expérience, et qu'à priori toute hypothèse contraire répugnerait à l'esprit.
>
> «Mais alors pourquoi le principe n'est-il vrai que si le mouvement des axes mobiles est rectiligne et uniforme ? Il semble qu'il devrait s'imposer à nous avec la même force, si ce mouvement est varié ou tout au moins s'il se réduit à une rotation uniforme. Or, dans ces deux cas, le principe n'est pas vrai.
>
> «Je n'insisterai pas longtemps sur le cas où le mouvement des axes est rectiligne sans être uniforme ; le paradoxe ne résiste pas à un instant d'examen. Si je suis en wagon, et si le train, heurtant un obstacle quelconque, s'arrête brusquement, je serai projeté sur la banquette opposée, bien que je n'ai été soumis directement à aucune force. Il n'y a rien là de mystérieux ; si je n'ai subi l'action d'aucune force extérieure, le train, lui, a éprouvé un choc extérieur. Que le mouvement relatif de deux corps se trouve troublé, dès que le mouvement de l'un ou de l'autre est modifié par une cause extérieure, il ne peut rien y avoir là de paradoxal.
>
> «Je m'arrêterai plus longtemps sur le cas des mouvements relatifs rapportés à des axes qui tournent d'une rotation uniforme. Si le ciel était sans cesse couvert de nuages, si nous n'avions aucun moyen d'observer les astres, nous pourrions, néanmoins, conclure que la Terre tourne ; nous en serions avertis par son aplatissement, ou bien encore par l'expérience du pendule de Foucault.
>
> «Et pourtant, dans ce cas, dire que la Terre tourne, cela aurait-il un sens ? S'il n'y a pas d'espace absolu, peut-on tourner sans tourner par rapport à quelque chose, et

d'autre part comment pourrions-nous admettre la conclusion de Newton et croire à l'espace absolu?

«Mais il ne suffit pas de constater que toutes les solutions possibles nous choquent également; il faut analyser, pour chacune d'elles, les raisons de notre répugnance, afin de faire notre choix en connaissance de cause. On excusera donc la longue discussion qui va suivre.

«Reprenons notre fiction: d'épais nuages cachent les astres aux hommes, qui ne peuvent les observer et en ignorent même l'existence; comment ces hommes sauront-ils que la Terre tourne? Plus encore que nos ancêtres sans doute, ils regarderont le sol qui les porte comme fixe et inébranlable; ils attendront bien plus longtemps l'avènement d'un Copernic. Mais enfin ce Copernic finirait par venir; comment viendrait-il?

«Les mécaniciens de ce monde ne se heurteraient pas d'abord à une contradiction absolue. Dans la théorie du mouvement relatif, on envisage, en dehors des forces réelles, deux forces fictives que l'on appelle la force centrifuge ordinaire et la force centrifuge composée. Nos savants imaginaires pourraient donc tout expliquer en regardant ces deux forces comme réelles, et ils ne verraient pas là de contradiction avec le principe de l'inertie généralisé, car ces forces dépendraient, l'une des positions relatives des diverses parties du système, comme les attractions réelles, l'autre de leurs vitesses relatives, comme les frottements réels.

«Bien des difficultés cependant ne tarderaient pas à éveiller leur attention ; s'ils réussissaient à réaliser un système isolé, le centre de gravité de ce système n'aurait pas une trajectoire à peu près rectiligne. Ils pourraient invoquer, pour expliquer ce fait, les forces centrifuges qu'ils regarderaient comme réelles et qu'ils attribueraient sans doute aux actions mutuelles des corps. Seulement ils ne verraient pas ces forces s'annuler aux grandes distances, c'est-à-dire à mesure que l'isolement serait mieux réalisé ; loin de là: la force centrifuge croît indéfiniment avec la distance.

«Cette difficulté leur semblerait déjà assez grande ; et pourtant elle ne les arrêterait pas longtemps : ils imagineraient bientôt quelque milieu très subtil, analogue à notre éther, où tous les corps baigneraient et qui exercerait sur eux une action répulsive.

«Mais ce n'est pas tout. L'espace est symétrique, et pourtant les lois du mouvement ne présenteraient pas de symétrie ; elles devraient distinguer entre la droite et la gauche. On verrait par exemple que les cyclones tournent toujours dans le même sens, tandis que par raison de symétrie ces météores devraient tourner indifféremment dans un sens et dans un autre. Si nos savants étaient parvenus à force de travail à rendre leur univers parfaitement symétrique, cette symétrie ne subsisterait pas, bien qu'il n'y ait aucune raison apparente pour qu'elle soit troublée dans un sens plutôt que dans l'autre.

«Ils s'en tireraient sans aucun doute, ils inventeraient quelque chose qui ne serait pas plus extraordinaire que les sphères de verre de Ptolémée, et on irait ainsi, accumulant les complications, jusqu'à ce que le Copernic attendu les balaye toutes d'un seul coup, en disant : Il est bien plus simple d'admettre que la Terre tourne.

«Et de même que notre Copernic à nous nous a dit : “Il est plus commode de supposer que la Terre tourne, parce qu'on exprime ainsi les lois de l'astronomie dans un langage bien plus simple” ; celui-là dirait : “Il est plus commode de supposer que la terre tourne, parce qu'on exprime ainsi les lois de la mécanique dans un langage bien plus simple”.

«Cela n'empêche pas que l'espace absolu, c'est-à-dire le repère auquel il faudrait rapporter la Terre pour savoir si réellement elle tourne, n'a aucune existence objective. Dès lors, cette affirmation : “la Terre tourne”, n'a aucun sens, puisqu'aucune expérience ne permettra de la vérifier ; puisqu'une telle expérience, non seulement ne pourrait être ni réalisée, ni rêvée par le Jules Verne le plus hardi, mais ne peut être conçue sans contradiction ; ou plutôt ces deux propositions : “la Terre tourne”, et : “il est plus commode de supposer que la Terre tourne”, ont un seul et

même sens ; il n'y a rien de plus dans l'une que dans l'autre» [(16)].

On voit que Poincaré rejoint ici Mach, lorsqu'il affirmait que, par rapport à la théorie de Ptolémée, celle de Copernic est seulement plus simple et plus pratique.

Les interprétations abusives de la pensée de Poincaré dans la presse réactionnaire l'ont amené à préciser sa pensée. Il le fait d'abord dans la lettre à Camille Flammarion, publiée dans le *Bulletin de la Société Astronomique de France* de 1904, sous le titre *La Terre tourne-t-elle ?* Cette lettre est précédée d'un commentaire de Flammarion :

«Un certain nombre de journaux de France et de l'étranger ayant continué à publier des articles sous ce titre, et à prétendre que M. Poincaré doute du mouvement de rotation de notre planète, malgré l'article publié ici même par M. Flammarion, et à en prendre acte pour mettre en suspicion les vérités les mieux démontrées de l'astronomie moderne, l'éminent professeur de la Faculté des Sciences a pensé qu'il aiderait à détruire la légende que l'on cherche à créer en écrivant la lettre suivante à M. Flammarion.

«Comme nous l'avons dit (*Bulletin* de mars, p. 118), c'est étrangement outrepasser sa discussion métaphysique sur *le mouvement relatif et le mouvement absolu* que de faire supposer au public que notre grand mathématicien doute – et puisse douter un seul instant – des mouvements de la Terre, car il est de ceux dont les travaux ont le mieux prouvé ces mouvements.

Voici la lettre de M. Poincaré :

“Mon Cher Collègue,

“Je commence à être un peu agacé de tout le bruit qu'une partie de la presse fait autour de quelques phrases tirées d'un de mes ouvrages – et des opinions ridicules qu'elle me prête.

(16) H. POINCARÉ, *La science et l'hypothèse,* p. 137.

“Les articles auxquels ces phrases sont empruntées ont paru dans une *Revue de métaphysique* ; j'y parlais un langage qui était bien compris des lecteurs habituels de cette Revue.

“La plus souvent citée a été écrite au cours d'une polémique avec M. Le Roy, dont le principal incident a été une discussion à la Société Philosophique de France. M. Le Roy avait dit : "Le fait scientifique est créé par le savant". Et on lui avait demandé : – Précisez, qu'entendez-vous par un fait ? – Un fait, avait-il répondu, c'est par exemple, la rotation de la Terre. Et, c'est alors qu'était venue la réplique : – Non, un fait, par définition, c'est ce qui peut être constaté par une expérience directe, c'est le résultat brut de cette expérience. À ce compte, la rotation de la Terre n'est pas un fait.

“En disant : "Ces deux phrases, la Terre tourne, et il est commode de supposer que la Terre tourne, n'ont qu'un seul et même sens", je parlais le langage de la métaphysique moderne. Dans le même langage, on dit couramment : "Les deux phrases, le monde extérieur existe et il est commode de supposer que le monde extérieur existe, n'ont qu'un seul et même sens".

“La rotation de la Terre est donc certaine, précisément dans la même mesure que l'existence des objets extérieurs.

“Je pense qu'il y a là de quoi rassurer ceux qui auraient pu être effrayés par un langage inaccoutumé. Quant aux conséquences qu'on a voulu en tirer, il est inutile de montrer combien elles sont absurdes. Ce que j'ai dit ne saurait justifier les persécutions exercées contre Galilée, d'abord, parce qu'on ne doit jamais persécuter même l'erreur, ensuite parce que même au point de vue métaphysique, il n'est pas faux que la Terre tourne, de sorte que Galilée n'a pu commettre d'erreur.

“Cela ne voudrait pas dire non plus qu'on peut enseigner impunément que la Terre ne tourne pas, quand cela ne serait que parce que la croyance à cette

rotation est un instrument aussi indispensable à celui qui veut penser savamment, que l'est le chemin de fer, par exemple, à celui qui veut voyager vite.

"Quant aux preuves de cette rotation, elles sont trop connues pour que j'insiste. Si la Terre ne tournait pas sur elle-même, il faudrait admettre que les étoiles décrivent en 24 heures une circonférence immense que la lumière mettrait des siècles à parcourir. Maintenant, ceux qui regardent la métaphysique comme démodée depuis Auguste Comte, me diront qu'il ne peut pas y avoir de métaphysique moderne. Mais la négation de toute métaphysique, c'est encore une métaphysique ; et c'est précisément là ce que j'appelle la métaphysique moderne.

"Pardon de ce bavardage, et tout à vous.

"Poincaré"» [17].

Cette réponse, il faut bien dire, n'est pas extrêmement convaincante. Poincaré se réfugie dans la métaphysique et son analogie avec l'existence du monde extérieur est peu éclairante, et même assez ambiguë pour qui connaît le point de vue idéaliste de Poincaré. La savant mathématicien n'est guère plus précis dans la brève remarque contenue dans son article *Cournot et les principes du calcul infinitésimal* de 1905 :

«Quel moyen avons-nous de distinguer le mouvement absolu du mouvement relatif ; par exemple, pourquoi préférons-nous le système de Copernic à celui de Ptolémée, c'est parce qu'il est plus simple, et nous en concluons non seulement qu'il est plus commode, mais qu'il est plus réel (Cournot, *L'enchaînement des idées fondamentales*, t. I, p. 89)» [18].

Une réponse plus subtile et intellectuellement plus intéressante est donnée la même année dans le chapitre XI, *La science et la réalité,* de son

(17) H. POINCARÉ, *La Terre tourne-t-elle ?*, pp. 216-217.
(18) H. POINCARÉ, *Cournot et les principes du calcul infinitésimal,* p. 304.

deuxième ouvrage philosophique, *La valeur de la science,* où transparaît d'ailleurs la philosophie idéaliste de Poincaré :

> «En résumé, la seule réalité objective, ce sont les rapports des choses d'où résulte l'harmonie universelle. Sans doute ces rapports, cette harmonie ne sauraient être conçus en dehors d'un esprit qui les conçoit ou qui les sent. Mais ils sont néanmoins objectifs parce qu'ils sont, deviendront ou resteront communs à tous les être pensants.
>
> «Cela va nous permettre de revenir sur la question de la rotation de la Terre, ce qui nous fournira en même temps l'occasion d'éclaircir ce qui précède par un exemple.
>
> «7. La rotation de la Terre.– ... “Dès lors”, ai-je dit dans *Science et Hypothèse*, “cette affirmation "la Terre tourne" n'a aucun sens... ou plutôt ces deux propositions, "la Terre tourne", et, "il est plus commode de supposer que la Terre tourne", ont un seul et même sens”.
>
> «Ces paroles, ont donné lieu aux interprétations les plus étranges. On a cru y voir la réhabilitation du système de Ptolémée, et peut-être la justification de la condamnation de Galilée.
>
> «Ceux qui avaient lu attentivement le volume tout entier ne pouvaient cependant s'y tromper. Cette vérité, la Terre tourne, se trouvait mise sur le même pied que le postulatum d'Euclide par exemple ; était-ce là la rejeter. Mais il y a mieux ; dans le même langage on dira très bien: ces deux propositions, le monde extérieur existe, ou, il est plus commode de supposer qu'il existe, ont un seul et même sens. Ainsi l'hypothèse de la rotation de la Terre conserverait le même degré de certitude que l'existence même des objets extérieurs.
>
> «Mais après ce que nous venons d'expliquer dans la quatrième partie, nous pouvons aller plus loin. Une théorie physique, avons-nous dit, est d'autant plus vraie, qu'elle met en évidence plus de rapports vrais. À la lumière de ce nouveau principe, examinons la question qui nous occupe.
>
> «Non, il n'y a pas d'espace absolu ; ces deux propositions contradictoires : “la Terre tourne” et “la Terre ne

tourne pas” ne sont donc pas cinématiquement plus vraies l'une que l'autre. Affirmer l'une, en niant l'autre, au sens cinématique, ce serait admettre l'existence de l'espace absolu.

«Mais si l'une nous révèle des rapports vrais que l'autre nous dissimule, on pourra néanmoins la regarder comme physiquement plus vraie que l'autre, puisqu'elle a un contenu plus riche. Or à cet égard aucun doute n'est possible.

«Voilà le mouvement diurne apparent des étoiles, et le mouvement diurne des autres corps célestes, et d'autre part l'aplatissement de la Terre, la rotation du pendule de Foucault, la giration des cyclones, les vents alizés, que sais-je encore ? Pour le Ptoléméien, tous ces phénomènes n'ont entre eux aucun lien ; pour le Copernicien, ils sont engendrés par une même cause. En disant, la Terre tourne, j'affirme que tous ces phénomènes ont un rapport intime, et cela est vrai, et cela reste vrai bien qu'il n'y ait pas et qu'il ne puisse y avoir d'espace absolu.

«Voilà pour la rotation de la Terre sur elle-même ; que dire de sa révolution autour du Soleil. Ici encore, nous avons trois phénomènes qui pour le Ptoléméien sont absolument indépendants et qui pour le Copernicien sont rapportés à la même origine ; ce sont les déplacements apparents des planètes sur la sphère céleste, l'aberration des étoiles fixes, la parallaxe de ces mêmes étoiles. Est-ce par hasard que toutes les planètes admettent une inégalité dont la période est d'un an, et que cette période est précisément égale à celle de l'aberration, précisément égale encore à celle de la parallaxe ? Adopter le système de Ptolémée, c'est répondre oui ; adopter celui de Copernic, c'est répondre non ; c'est affirmer qu'il y a un lien entre les trois phénomènes et cela encore est vrai bien qu'il n'y ait pas d'espace absolu.

«Dans le système de Ptolémée, les mouvements des corps célestes ne peuvent s'expliquer par l'action de forces centrales, la Mécanique Céleste est impossible. Les rapports intimes que la Mécanique Céleste nous révèle entre tous les phénomènes célestes sont des rapports vrais ; affirmer

l'immobilité de la Terre, ce serait nier ces rapports, ce serait donc se tromper.

«La vérité, pour laquelle Galilée a souffert, reste donc la vérité, encore qu'elle n'ait pas tout à fait le même sens que pour le vulgaire, et que son vrai sens soit bien plus subtil, plus profond et plus riche» (19).

Poincaré résumera encore ces opinions dans sa conférence *La mécanique nouvelle* de 1909 :

«Vous savez en quoi consiste le principe de relativité. Je suppose un observateur qui se déplace vers la droite ; tout se passe pour lui comme s'il était au repos, les objets qui l'entourent se déplaçant vers la gauche : aucun moyen ne permet de savoir si les objets se déplacent réellement, si l'observateur est immobile ou en mouvement. On l'enseigne dans tous les cours de mécanique, le passager sur le bateau croit voir le rivage du fleuve se déplacer, tandis qu'il est doucement entraîné par le mouvement du navire. Examinée de plus près, cette simple notion acquiert une importance capitale ; on n'a aucun moyen de trancher la question, aucune expérience ne peut mettre en défaut le principe : il n'y a pas d'espace absolu, tous les déplacements que nous pouvons observer sont des déplacements relatifs. Ces considérations, bien familières aux philosophes, j'ai eu quelquefois l'occasion de les exprimer ; j'en ai même recueilli une publicité dont je me serais volontiers passé ; tous les journaux réactionnaires français m'ont fait démontrer que le Soleil tourne autour de la Terre ; dans le fameux procès entre l'Inquisition et Galilée, Galilée aurait eu tous les torts.

«Il est à peine nécessaire de dire ici que je n'ai jamais eu une telle pensée ; c'est bien pour la vérité que Galilée combattait, puisque, sans lui, l'Astronomie et la Mécanique céleste n'auraient pu se développer. Mais ce n'est pas de cela qu'il s'agit pour le moment» (20).

(19) H. POINCARÉ, *La valeur de la science,* pp. 271-274.
(20) H. POINCARÉ, *La mécanique nouvelle,* pp. 4-5.

V. Poincaré et le réalisme

Il n'est certes pas aisé de se faire une idée de la philosophie scientifique de Poincaré à partir de ces quelques extraits. Je ne suis d'ailleurs pas sûr qu'il soit si facile de s'en faire une idée après avoir lu toute son œuvre philosophique. Cette philosophie a été appelée conventionalisme, pragmatisme, empirisme, relationalisme, post-kantisme, voire nominalisme. On a même parlé de poincarisme, ce qui est encore moins éclairant. Tout cela aurait de nouveau prodigieusement agacé Poincaré qui a lui même raillé l'abus des mots en *isme.*

En fait, il faut tenir compte du style de Poincaré, style que l'on retrouve aussi bien dans ses travaux scientifiques que dans ses réflexions philosophiques. Poincaré écrit sans ratures, et presque sans se relire, après avoir longtemps réfléchi. Il révèle au lecteur une pensée en gestation plutôt qu'une pensée définitive. À le lire, on contemple vraiment un esprit supérieur en plein travail. Et comme il n'est pas toujours bien compris, et comme, de temps à autre, il constate qu'il s'est trompé, ou que de nouvelles expériences l'amènent à changer d'opinion, il n'hésite pas à le faire dans un travail ultérieur. Poincaré n'est pas l'homme d'une seule idée, en science comme en philosophie, et il me paraît difficile, voire impossible, de comprendre vraiment ses textes philosophiques sans une longue fréquentation de ses articles et ouvrages scientifiques. Enfin Poincaré ne peut s'empêcher de laisser régulièrement transparaître, dans son discours, un humour pince-sans-rire qui rappelle celui des canulars des grandes écoles françaises.

La conception idéaliste de Poincaré transparaît régulièrement dans ses livres de philosophie scientifique. Nous en avons vu quelques exemples. La description la plus affirmée se trouve dans deux textes de Camille Flammarion consacrées au mathématicien français. La première, une brève notice écrite en 1912 dans le *Bulletin de la Société Astronomique de France,* au lendemain de la mort inattendue de Poincaré, affirme que [(21)] :

> «Henri Poincaré était un philosophe de l'école idéaliste, absolument sceptique, n'affirmant rien, ne niant rien, pensant que tout est dans notre esprit, qu'il n'y a, même dans les sciences les plus positives, que des hypothèses non démontrées, et que l'univers n'existe pas en dehors de nous. Ce penseur était ainsi très proche parent de

(21) C. FLAMMARION, *Henri Poincaré,* p. 374.

> Descartes, de Malebranche, de Leibniz, de Kant, de Fichte, sans aller pourtant jusqu'à Hume et jusqu'à Berkeley».

Dans un numéro ultérieur de la même revue [22], Flammarion, à la demande de quelques sociétaires, donne, sur les lignes précédentes, des éclaircissements qu'il affirme être inspirés par des paroles de Poincaré lui-même :

> «On ne peut contester qu'il ne se privait pas de sourire élégamment de la mentalité des *réalistes.* Il se déclare nettement *idéaliste*. Pour les premiers, dit-il, la Nature est une réalité indépendante du physicien qui pourrait être tenté de l'étudier, opinion qu'il déclare inadmissible. Les idéalistes, ajoute-t-il, "considèrent qu'un objet n'existe que quand il est pensé et qu'on ne saurait concevoir un objet pensé indépendamment d'un sujet pensant".
>
> «Voilà qui est clair et sans ambages.
>
> «Et pour qu'on ne s'y méprenne pas, le philosophe ajoute encore :
>
> > "On peut faire une remarque assez curieuse. Les réalistes se placent d'ordinaire du point de vue physique ; ce sont les objets matériels, ou les âmes individuelles, ou ce qu'ils appellent les substances, dont ils affirment l'existence indépendante. Le monde, pour eux, existait avant la création de l'homme, avant même celle des êtres vivants ; il existerait encore même s'il n'y avait pas de Dieu ni aucun sujet pensant. Cela, c'est le point de vue du sens commun, et ce n'est que par la réflexion qu'on peut être amené à l'abandonner".
>
> «Ces lignes sont peut-être les dernières qu'il a écrites, car on peut les lire dans la revue *Scientia* du 1er juillet dernier, et on sait qu'il est mort le 17. [...]
>
> «Cette doctrine de l'idéalisme, il l'a toujours soutenue.

(22) C. FLAMMARION, *Henri Poincaré et sa pensée philosophique,* pp. 418-419.

> «L'illustre astronome a écrit aux premières pages de son livre *La valeur de la science* :
>
> > "Cette harmonie que l'intelligence humaine croit découvrir dans la nature existe-t-elle en dehors de l'intelligence humaine ? Non, sans doute ; une réalité complètement indépendante de l'esprit qui la conçoit, la voit ou la sent, c'est une impossibilité".
>
> Et la dernière :
>
> > "Tout ce qui n'est pas pensée est le pur néant ; puisque nous ne pouvons penser que la pensée et que tous les mots dont nous disposons pour parler des choses ne peuvent exprimer que des pensées. Dire qu'il y a autre chose que la pensée, c'est donc une affirmation qui ne peut avoir de sens"».

Bien sûr il s'agit de phrases isolées de leur contexte et les écrits de Poincaré sont peut-être ceux pour lesquels cette opération est la plus mutilante. On l'a bien vu dans la question de la rotation de la terre. Il me semble que là aussi, Flammarion n'a peut-être pas rendu entièrement la pensée de Poincaré, et que la notion de réalité est, pour le mathématicien français, plus riche et plus subtile, ainsi que le révèlent d'ailleurs les textes que nous avons lu et qu'il faut relire en tenant compte de ce qui les précède et de ce qui les suit.

VI. Conclusion

Une fois retombées les vagues du sensationnel, les remarques profondes de Poincaré sur le problème de la rotation de la Terre retourneront dans le cercle des savants et des philosophes des sciences. L'effet sur le grand public semble s'être limité aux clameurs des journaux réactionnaires, puisqu'en 1913, un an après la mort de Poincaré, la revue *La Science et la Vie*, qui vient de naître, propose à ses lecteurs un article intitulé *La Terre tourne-t-elle ?* qui débute par le préambule suivant :

> «Il semble qu'on soit mal venu au vingtième siècle de se poser semblable question. Et cependant le nombre des personnes qui mettent en doute le mouvement de la Terre est tout simplement prodigieux. Nous n'avons donc pas jugé sans intérêt d'exposer ici les preuves scientifiques de

> la rotation du globe autour de ses pôles. M. l'abbé Moreux, directeur de l'observatoire de Bourges, a bien voulu s'en charger» (23).

L'auteur de l'article a connu personnellement Poincaré, ainsi qu'il le raconte dans son ouvrage *Pour comprendre Einstein* (24). Pourtant, il ne fait nulle mention de Poincaré ou de ses idées à ce sujet et se contente de détailler les «preuves» physiques de cette rotation que nous avons discutées. Cet article de Moreux est d'ailleurs inspiré, sans le citer, par le travail de Ph. Gilbert, *Les preuves mécaniques de la rotation de la Terre,* publié en 1882 dans la *Revue des Questions Scientifiques,* auquel Moreux n'hésite pas à emprunter des paragraphes entiers. On peut s'étonner qu'il ne se souvienne pas mieux des écrits de Poincaré à ce sujet.

Tout cela montre la difficulté qu'il y a pour un savant, fut-il éminent et doué d'un talent certain d'écrivain, à transmettre avec succès au grand public ses incertitudes et les questions qu'il se pose. Comme Charles Nordmann le remarque avec pertinence :

> «L'erreur de ceux qui partirent en guerre là-dessus [la rotation de la Terre] fut de n'avoir guère compris, faute, sans doute, de l'avoir suffisamment étudié, l'aspect particulier de l'agnosticisme de Poincaré. Là où nous avons l'habitude de dire : "Il y a divers degrés de certitude", lui dirait : "Il y a divers degrés d'incertitude", et bien que cette formule soit moins usitée, c'est elle qui est la plus vraie, puisqu'il n'y a pas de certitude. Il n'y a que de l'impossible, du possible et du probable» (25).

Ce que l'honnête homme attend du savant, ce ne sont pas des questions mais des réponses, ce ne sont pas des doutes, mais des certitudes. Et cette situation est plus grave encore de nos jours où la télévision dérobe au livre une part importante de cette communication : le gourou l'emporte toujours, à l'écran, sur l'agnostique. Chacun retrouvera sans peine son exemple favori.

(23) *La Science et la Vie,* 1913, n°6, p. 353.
(24) Th. MOREUX, *Pour comprendre Einstein,* p. 22.
(25) Ch. NORDMANN, *Henri Poincaré : Son œuvre scientifique. Sa philosophie,* p. 365.

Annexe

Quelques commentaires sur les réflexions de Poincaré concernant la rotation de la Terre (26)

«Sur les nombreuses publications d'H. Poincaré, je ferai seulement deux observations. La première se rapporte à l'article *La Terre tourne-t-elle ?*. [...] H. Poincaré, toujours rigoureux, s'était demandé, se plaçant au point de vue de la description des mouvements, quelle est la meilleure manière de décrire les mouvements des corps célestes. Il partait de cette idée, classique dans les éléments, que, pour décrire un mouvement, il faut faire choix d'un système de comparaison rigide regardé comme immobile. Ainsi une roue tourne par rapport à une voiture regardée comme immobile, mais la voiture tourne par rapport à la roue ; un objet qui se déplace sur le pont d'un bateau en marche, se meut par rapport au bateau d'une certaine manière, mais est animé d'un mouvement tout à fait différent par rapport aux rives. Pour décrire les mouvements des corps célestes, il faut donc faire choix d'un système de comparaison. On pourrait prendre pour cela le crâne d'un homme déterminé qui serait alors immobile par définition ; mais ce choix ne serait vraiment pas commode ; on peut prendre la Terre comme le faisaient les Anciens ; on peut prendre, avec Newton, des axes rectangulaires ayant pour origine le centre de gravité du système solaire et dirigés vers trois des étoiles dites fixes. C'est ce dernier système que l'on prend actuellement ; c'est le plus commode. C'est par rapport à lui que sont établis les principes de la mécanique ; si on considérait la Terre comme immobile, les principes de la mécanique seraient modifiés ; ou encore suivant une idée chère à Poincaré, d'après laquelle un même fait peut être expliqué mathématiquement d'une infinité de manières, les principes restant les mêmes, les forces seraient modifiées».

P. APPEL, *Henri Poincaré*, pp. 83-85.

«Qu'on lui fit dire que la science était indifférente à la recherche de la vérité, et qu'on s'autorisât de cette prétendue indifférence pour transporter ailleurs le centre des préoccupations humaines, pour

(26) On en trouvera d'autres dans les ouvrages suivants : E BOREL, *L'espace et le temps,* p. 88 ; E. BOREL, *L'évolution de la mécanique,* pp. 54-55, pp. 75-76 et p. 175 ; E. GIRARDEAU, *Les aventures de la science,* pp. 200-221 ; L. LECORNU, *La mécanique,* p. 48 et pp. 134-137 ; G. PASCOLI, *La gravitation,* pp. 26-29 ; R. POIRIER, *Henri Poincaré et le problème de la valeur de la science,* pp. 176-202 ; J. SAGERET, *La révolution philosophique et la science,* pp. 154-160 et pp. 220-223.

élever au-dessus de la science un je ne sais quoi qu'on appellerait encore la vérité, et donc le propre caractère serait de ne jamais se vérifier, cela, Poincaré ne l'admettait pas. Pour son esprit droit, il y avait quelque chose d'insupportable dans le spectacle dont le succès de *La science et l'hypothèse* avait été l'occasion : on se servait du scrupule scientifique qui lui avait interdit de prononcer le mot de vérité, comme d'un prétexte pour se débarrasser de tout scrupule intellectuel, et pour proclamer, cette fois en plein arbitraire, la suprématie des inspirations subjectives ou des révélations extérieures. [...] Revenant sur cette question du mouvement de la Terre, qui avait donné lieu aux fantaisies de quelques journalistes, il rappelle que si la relativité de l'espace exclut l'intuition directe d'un tel mouvement, elle n'empêche pas de décider entre le système de Ptolémée et le système de Copernic. La concordance des périodes astronomiques est, dans le premier, l'effet d'un pur hasard ; dans le second, le résultat d'un lien direct entre les déplacements des astres dans l'espace. Or l'élimination du hasard donne à ces liaisons scientifiques l'universalité, qui équivaut à l'objectivité. Sans doute les rapports scientifiques ne peuvent être indépendants de l'esprit qui les constate et qui les affirme ; ils n'en sont pas moins objectifs, puisqu'ils sont, deviendront ou resteront communs à tous les êtres pensants. La critique de Poincaré a fait justice du préjugé réaliste qui avait imposé au sens commun la notion du vrai entendu comme réel donné dans l'intuition immédiate ; elle permet donc que l'on réintroduise dans la science, pour désigner cette universalité dans la commodité même, l'idée et le mot même de vérité».

L. BRUNSCHVICG, *L'œuvre d'Henri Poincaré : Le philosophe,* pp. 598-599.

«Enfin, l'exemple de la rotation terrestre nous paraît capital et nous montre Poincaré contraint de corriger lui-même l'expression de sa notion. Tout le monde se rappelle le point de départ (*S. et H.*, 141): puisqu'il n'y a pas d'espace absolu, que nous ne pouvons connaître de mouvement absolu, la question "la Terre tourne-t-elle ?" n'a pas de sens, ou plutôt, ces deux affirmations : "la Terre tourne" et : "il est plus commode de supposer qu'elle tourne", ont un seul et même sens. Et le raisonnement de Copernic c'est : "il est plus commode de supposer que la Terre tourne, parce qu'on exprime ainsi les lois de l'astronomie dans un langage bien plus simple".

«Évidemment, comme nous le remarquions plus haut, à la suite de Tannery, on comprend la pensée de Poincaré, mais il était fatal qu'elle fût mal interprétée. Le lecteur de *Science et hypothèse* se trouvait en présence de trois notions ;

éther
monde extérieur
rotation de la Terre

dont on lui déclarait : après tout, leur existence objective se présente sous le même aspect ; nous avons les mêmes raisons, – des raisons de commodité– de croire aux trois. Seulement, il est vraisemblable que l'éther deviendra quelque jour hypothèse inutile.

«*La valeur de la science*, en précisant, nous donne presque le mot commode pour un équivalent de vrai. (p. 271 sq.) Le contenu de la théorie copernicienne est incomparablement plus riche ; avec le système de Ptolémée, une foule de phénomènes qui ont, désormais entre eux, un rapport intime, n'en présentaient aucun. Avec lui, la Mécanique Céleste était impossible. "Affirmer l'immobilité de la Terre, ce serait nier ces rapports, ce serait donc se tromper. La vérité pour laquelle Galilée a souffert, reste donc la vérité, encore qu'elle n'ait pas tout à fait le même sens que pour le vulgaire, et que son vrai sens soit bien plus subtil, plus profond et plus riche".

«Plus tard encore, résumant familièrement et rétrospectivement le débat, Poincaré parlait nettement de vérité et de vérité seule :

> "Ces considérations, bien familières aux philosophes, j'ai eu quelquefois l'occasion de les exprimer ; j'en ai même recueilli une publicité dont je me serais volontiers passé ; tous les journaux réactionnaires français m'ont fait démontrer que le Soleil tourne autour de la Terre ; dans le fameux procès entre l'Inquisition et Galilée, Galilée aurait eu tous les torts. Il est à peine nécessaire de dire ici que je n'ai jamais eu une telle pensée ; c'est bien pour la vérité que Galilée combattait, puisque, sans lui, l'Astronomie et la Mécanique céleste n'auraient pu se développer".

«À la limite, Poincaré admet donc que commodité = vérité (la vérité du savant tout au moins). On dirait, désormais, qu'il se méfie. L'étude sur Cournot laisse entrevoir, au travers de l'exposé des idées de Cournot, le propre sentiment de l'auteur : "Pourquoi préférons-nous le système de Copernic à celui de Ptolémée, c'est parce qu'il est le plus simple, et nous en concluons non seulement qu'il est plus commode, mais qu'il est plus réel"».

A. GEORGE, *Qu'est-ce que la science ?*
La réponse d'Henri Poincaré, pp. 79-81.

«De même, et cette affirmation de Poincaré a fait sensation à l'époque où elle fut énoncée, l'hypothèse de la rotation de la Terre n'est qu'une hypothèse commode ; on pourrait tout aussi bien la supposer immobile, on obtiendrait simplement une théorie du mouvement des astres beaucoup plus compliquée et par suite beaucoup moins commode que celle qui a pris naissance à la suite des travaux des Copernic, des Galilée et des Newton. [...] Poincaré était trop fin pour tomber dans un tel excès et il a, dans *La valeur de la science*, consacré d'intéressantes pages à réfuter les opinions à son avis

exagérées de M. Édouard Le Roy sur le caractère purement conventionnel des vérités scientifiques. Il s'est même indigné qu'on ait pu considérer ses remarques sur le mouvement de la Terre comme pouvant justifier la condamnation de Galilée. Il n'est est pas moins vrai que le point de vue ultra-critique d'Henri Poincaré peut être un peu dangereux en inspirant un scepticisme non justifié à l'égard des théories scientifiques. Quelques exemples ne suffisent pas à prouver qu'il y a toujours une infinité de théories possibles pour rendre compte des mêmes faits expérimentaux et il nous semble certain que même, quand il y a un grand nombre de théories logiquement équivalentes, le physicien peut à bon droit penser que l'une d'entre elles est plus conforme à la réalité physique profonde, plus susceptible de généralisations, plus apte à nous révéler des harmonies cachées. Le scepticisme de Poincaré pourrait être décourageant et stérilisant. Peut-être, je l'ai dit plus haut, l'avait-il lui-même un peu stérilisé dans ses recherches de Physique théorique puisque, ayant une connaissance approfondie des difficultés de l'Électrodynamique des corps en mouvement et pressentant le caractère général du Principe de Relativité, il n'a pas su apercevoir cette magnifique doctrine de la Relativité qui s'est imposée brusquement à l'esprit plus jeune et moins sceptique d'Albert Einstein. Convaincu qu'on peut toujours à l'aide d'hypothèses appropriées considérer l'espace physique comme euclidien, Poincaré aurait-il pu comme Einstein le fit quelques années après sa mort, passer de la Relativité restreinte à la Relativité générale en considérant la métrique de l'espace-temps comme non euclidienne et tirer de cette intuition géométrique sur la nature de l'espace-temps la magnifique interprétation des lois de la Gravitation qui est aujourd'hui classique ?»

L. DE BROGLIE, *Savants et découvertes,* pp. 54-55.

«Poincaré, au contraire, ne philosophe qu'au contact de la science, dont il possède une immense lecture et qu'il a lui-même enrichie d'apports considérables en des domaines très variés. Dominant son sujet d'assez haut pour n'être dupe d'aucun préjugé d'École, prisonnier d'aucun symbolisme, esclave d'aucune technique, il ne court pas le risque de prendre la paille des mots pour le grain des choses. Un robuste bon sens le rappelle à chaque instant sur cette terre, et le prévient de sacrifier à ce qu'il appelait “la tendance naturelle du mathématicien au nominalisme”. L'humour si caractéristique avec lequel il traite souvent des sujets en apparence les plus graves n'est que la manifestation de ce sens aigu des réalités tangibles, qu'aucun arbre de la forêt mathématique n'aurait pu lui cacher.

«Est-ce à dire que la philosophie de Poincaré soit directement accessible sans effort et nous dispense de la lecture de son œuvre scientifique elle-même ? Nous ne le pensons pas ; car l'expérience a été faite, et elle n'a pas réussi.

«Environ 1905, le grand public, la presse et même le monde se sont passionnés pour *La science et l'hypothèse*, persuadés qu'ils y trouveraient quelque chose comme le latin sans pleurs ou le grec sans larmes, pour reprendre une image de l'époque. Ce fut une source d'incompréhension et de malentendus».

R. DUGAS, *Henri Poincaré devant les principes de la mécanique,* p. 81.

«Sur un autre point, toutefois, l'appel aux motifs de commodité ne me paraît pas suffire, même au simple niveau de la connaissance positive. Je pense à la rotation terrestre. Il est sûr qu'à son sujet tout revient à choisir d'une façon ou de l'autre un système de référence et que des considérations de simplicité ont alors à jouer un rôle. Mais peut-on se borner à dire avec Poincaré que (je le cite) : "ces deux propositions, "la Terre tourne", et, "il est plus commode de supposer que la Terre tourne", ont un seul et même sens" ? J'estime, pour ma part, que non. Lorsqu'on envisage le mouvement d'un mobile naturel, il faut encore tenir compte – quelque complication qui en puisse résulter– de ce fait que, s'il est toujours permis mathématiquement de rapporter le mobile à n'importe quel système de référence, physiquement du moins on doit prendre en considération principale le degré d'appartenance réelle du mobile à tel ou tel système, à cause des phénomènes divers qui peuvent en résulter : de quoi il serait facile de multiplier les exemples décisifs empruntés à l'expérience la plus commune».

É. LE ROY, *Henri Poincaré et la critique des sciences,* p. 55.

«En revanche, Poincaré ne ménage pas son ironie à ceux, – méritent-ils encore le nom de savants ?– qui ne voient dans une conquête scientifique que l'avantage qu'en peut tirer tel ou tel parti, à ceux qui, en présence de tel fait nouveau s'écrient : "Ah! je voudrais bien savoir quelle tête vont faire les cléricaux !", à ceux qui, d'autre part, considèrent "la partialité comme une obligation morale, ainsi qu'on fait lorsqu'on est dominé par un souci d'apologétique".

«Ces derniers soulevèrent autour de Poincaré et du poincarisme une tempête bien inattendue, et dont le fracas n'est pas encore oublié, le jour où s'emparant d'une phrase de *Science et Hypothèse*, ils clamèrent que la Terre ne tournait pas, que Poincaré, auxiliaire imprévu du Grand Inquisiteur, se dressait contre Galilée, et que celui-ci avait été justement condamné. Cela prit les proportions d'un vrai scandale. Exposant ses idées sur l'incertitude de nos connaissances, sur notre impossibilité de connaître autre chose que le relatif, et notamment, sur notre impuissance à la fois logique et expérimentale à concevoir l'espace absolu, Poincaré avait écrit ceci, qui déchaîna toute l'affaire : "Puisque l'espace absolu, c'est-à-dire le repère auquel

il faudrait rapporter la Terre pour savoir si réellement elle tourne est hors de notre atteinte, cette affirmation "la Terre tourne" n'a aucun sens ; ou plutôt ces deux propositions "la Terre tourne," et "il est plus commode de supposer que la Terre tourne" ont un seul et même sens”.

«L'erreur de ceux qui partirent en guerre là-dessus fut de n'avoir guère compris, faute sans doute de l'avoir suffisamment étudié, l'aspect particulier de l'agnosticisme de Poincaré. Là où nous avons l'habitude de dire : “Il y a divers degrés de certitude”, lui dirait : “Il y a divers degrés d'incertitude”, et bien que cette formule soit moins usitée, c'est elle qui est la plus vraie, puisqu'il n'y a pas de certitude. Il n'y a que de l'impossible, du possible et du probable.

«C'est pour n'avoir pas senti tout cela que certains se sont si étrangement mépris sur la fameuse affirmation de Poincaré. Et si Poincaré avait écrit : “Ces deux propositions : "le monde extérieur existe" et : "Il est plus commode de supposer qu'il existe," ont un seul et même sens”, qui aurait osé conclure que Poincaré affirmait la non-existence du monde extérieur ? Et voici qui suffirait à régler la question, puisque la rotation de la Terre conserve le même degré de certitude que l'existence même du monde extérieur, que l'existence même de la Terre.

«Mais on peut aller plus loin : nous avons vu que pour le poincarisme, une théorie physique est d'autant plus vraie qu'elle met en évidence plus de rapports vrais ; d'autre part, le sens commun reconnaît qu'entre deux explications quelconques d'un fait, la plus vraie est celle qui accumule le moins d'hypothèses, et surtout le moins d'hypothèses absurdes. Or l'hypothèse de la rotation de la Terre indique entre le mouvement diurne des corps célestes, l'aplatissement des pôles, la rotation du pendule de Foucault, la giration des cyclones, les vents alizés, beaucoup d'autres phénomènes encore, des rapports vrais ; elle seule permet à la Mécanique céleste d'exister et de prévoir à l'avance de nouveaux phénomènes que l'expérience reconnaît vrais.

«L'immobilité de la Terre est possible absolument parlant; mais alors il n'existe plus aucun rapport entre tous ces phénomènes et on est obligé d'accumuler les hypothèses les plus invraisemblables pour les expliquer. La cause est entendue. [...] Ceux qui ont cru servir la cause religieuse et diminuer du même coup la science en soulevant cette polémique se sont donc trompés».

Ch. NORDMANN, *Henri Poincaré, son œuvre scientifique, sa philosophie,* pp. 365-366.

«Et enfin, voici la commodité qui fut la plus grande pierre de scandale : “Cette affirmation "la Terre tourne" n'a aucun sens, puisqu'aucune expérience ne permettra de la vérifier ; ... ou plutôt ces deux propositions :"la Terre tourne" et "il est plus commode de supposer que la Terre tourne" ont un seul et même sens ; il n'y a rien

de plus dans l'une que dans l'autre”. Ce que le public traduisit par cette simple négation ; –La Terre ne tourne pas–. Il y eut un scandale. Des âmes pieuses se réjouirent ; une stupeur indignée fit pâlir quelques incroyants.

«Aujourd'hui encore, l'interprétation simpliste donnée aux paroles de Poincaré n'a pas entièrement cessé d'avoir cours. Un homme de bonne culture moyenne me disait, il y a peu de temps : – Je croyais que Poincaré avait prouvé mathématiquement l'immobilité de la Terre. – [...] Poincaré passa pour le démolisseur à outrance de toute certitude scientifique. S'il ne niait pas le mouvement de la Terre, au moins en doutait-il, pensait le public. Or, le public, qui en général ignore les véritables justifications de la théorie copernicienne, considère le mouvement de la Terre comme une sorte de pont-aux-ânes scientifique ; au-delà commencerait véritablement la science moderne. Cette manière de voir, fondée sur un pur instinct, se trouve conforme aux résultats de la réflexion philosophique. La théorie copernicienne est une clef de voûte. Elle se trouve au point de rencontre de notre astronomie, de notre mécanique, de notre physique. Si on l'enlève, tout s'écroule ; il ne subsiste plus que des collections empiriques de faits sans lien entre eux. C'est donc à juste titre que le doute à l'égard du système héliocentrique serait tenu pour un scepticisme général en matière scientifique. [...]

«Passons à la rotation de la Terre. Elle répond en premier lieu à une commodité que Poincaré a seule envisagée tout d'abord quand il fit éclater son fameux scandale. Il n'y a pas, disait-il, de mouvement absolu. Puisque le mouvement relatif existe seul, il n'est pas plus vrai d'affirmer que la rotation diurne de la Terre sur elle-même que d'affirmer la rotation diurne de la sphère céleste autour de la Terre. La première affirmation nous est seulement plus commode que l'autre parce qu'elle nous conduit à une représentation plus simple des mouvements célestes. Cette commodité est aussi une nécessité pratique, mais de quel ordre ? Puisque le mouvement est relatif, on pourrait, par exemple, décréter que telle personne vivante est immobile et que c'est la Terre qui se déplace sous elle quand elle marche, qui monte quand elle descend, qui descend quand elle prend l'ascenseur. Une pareille convention ne viendrait à l'esprit de personne. Le sol fut sans hésitation pris comme le point de repère fixe auquel on rapportait les mouvements voisins de sa surface. C'est pour cela que les Anciens conservèrent, en général, ce même repère pour lui rapporter les mouvements célestes. Ils s'aperçurent bien que ceux-ci eussent été plus simples avec un autre repère ; mais il faut dire que l'incommodité cinématique à laquelle se résignaient ainsi les Anciens était supportable. Ils observaient à l'œil nu; les déplacements célestes d'une amplitude totale inférieure à une minute d'angle leur échappaient. Quand l'invention des lunettes permit d'observer les distances angulaires d'une seconde d'angle, de nouveaux déplacements apparurent, et alors, véritablement, il y eût eu, à considérer la Terre comme immobile, la même incommodité qu'à prendre une personne vivante pour point-origine des mouvements sublunaires.

«Mais cela n'est rien encore. Si l'on considère le seul point de vue cinématique, la commodité ne diffère pas ici de la commodité ordinaire qui nous fait préférer, par exemple, une méthode de calcul très rapide à une méthode très lente.

«Des raisons plus impérieuses et plus profondes encore nous attachent à notre système cosmologique. Nous connaissons des phénomènes, des faits expérimentaux que les Anciens ne soupçonnaient pas : les vents alizés, le sens de rotation des cyclones, le pendule de Foucault, le renflement de la terre à l'équateur. La rotation de la Terre établit un lien entre tous ces phénomènes qui, sans cela, n'ont aucun sens l'un par rapport à l'autre. La Terre ne tourne pas ? Que fera-t-on alors du pendule de Foucault ? Il deviendra un monstre mécanique, ou il faudra refaire toute la mécanique afin de pouvoir l'y caser et alors donner à celle-ci une complexité devant laquelle reculerait peut-être même le génie d'un Poincaré. Si la Terre ne tourne pas, les lois de Kepler n'ont plus de sens, puisqu'elles ne peuvent s'appliquer à la fois au mouvement diurne et au mouvement annuel du Soleil. Du même coup s'écroule toute la mécanique céleste newtonienne. D'après Newton, les mêmes lois régnaient sur la Terre et dans les espaces supraterrestres. Illusion ! Il faut désormais attribuer aux astres une nature différente de celle des corps qui nous environnent. Que les raies spectrales du Soleil coïncident avec celles du fer, du calcium, de l'hydrogène, etc..., pur hasard.

«Admettons maintenant que l'on nous concède la rotation diurne de la Terre sur elle-même, mais en réclamant l'adoption du système de Tycho-Brahé: les planètes tournent autour du Soleil, qui lui-même tourne autour de la Terre en un an. La commodité cinématique s'y oppose, non pas au point de vue du système planétaire lui-même (à ce point de vue le système de Tycho-Brahé est aussi simple que le copernicien), mais en raison de certains déplacements des étoiles, déplacements nommés parallaxes. Si l'on marche en décrivant un grand cercle, toujours le même, au centre d'une plaine bordée d'arbres, les arbres les plus rapprochés sembleront faire un mouvement de va et vient par rapport aux arbres situés à l'horizon. Le mouvement tout à fait analogue de certaines étoiles constitue leur parallaxe. Il est évidemment plus commode cinématiquement de supposer que les oscillations parallactiques, toutes à période rigoureusement annuelle, sont des mouvements apparents dus à la course annuelle de la Terre.

«Le système copernicien a aussi des commodités non cinématiques, en ce qui concerne le phénomène de l'aberration. L'aberration est un déplacement des étoiles analogue à la parallaxe, il se superpose à celle-ci, il est annuel ; mais, déduction faite de la parallaxe, il est le même pour toutes les étoiles. Supposons qu'un automobile rapide nous emporte le long d'une piste circulaire, supposons en outre qu'il tombe une forte pluie, bien verticale. Quand l'automobile sera lancé, la pluie semblera oblique, et tout le long de notre course elle frappera l'automobile par devant, de sorte que les points d'origine des rais de la pluie semblent décrire au ciel un cercle synchroniquement avec l'auto-

mobile. Composons la vitesse de chute de la pluie avec la vitesse de l'automobile, cela nous donnera une oblique précisément inclinée comme le sont les rais de pluie par rapport à nous pendant notre marche. Dans l'aberration considérée par le copernicien, les rayons lumineux émis par les étoiles sont les analogues des rais de pluies, la Terre celui de l'auto sur la piste circulaire, de sorte que les points d'origine des rayons lumineux, les étoiles, semblent décrire un cercle synchroniquement avec la terre, quand elles se trouvent au «zénith» de l'orbite terrestre, au pôle de l'écliptique (ces cercles deviennent des ellipses d'autant plus aplaties que les étoiles sont plus voisines du plan de l'écliptique où ils se réduisent à des segments de droites). Composons, en effet, la vitesse de la lumière avec la vitesse de la Terre, et nous avons une obliquité calculée qui se trouve être précisément égale à l'aberration observée. Pour le sectateur de Tycho-Brahé, cette concordance n'est qu'un effet du hasard.

«Le système de Tycho-Brahé se prêterait, à la vérité, mais en ce qui concerne seulement le système solaire, à la mécanique newtonienne. Mais, tandis qu'avec Copernic celle-ci trouve une masse solaire égale à 333.000 fois celle de la Terre, ce serait au contraire, avec Tycho-Brahé, la masse de la Terre qui égalerait 333.000 fois la masse réunie du Soleil et des planètes. Comptons les planètes pour rien. Comme le Soleil aurait toujours un volume égal à 1.310.157 fois celui de la terre, sa densité serait inférieure à celle de la Terre divisée par 333 milliards, densité peu compatible avec les données spectroscopiques.

«Il n'en est pas moins vrai que, comme l'a dit Poincaré, ni la rotation de la Terre sur elle-même, ni sa rotation autour du Soleil, ne sont des faits. Pour que ce fussent des faits, il faudrait qu'elles ressortissent d'une expérience ; or, une telle expérience échappe non seulement à nos moyens, mais à notre imagination. L'anti-copernicien pourra prendre avantage de cette impuissance. Que dira-t-il cependant lorsqu'on lui opposera le renflement de la Terre à l'équateur, le pendule de Foucault..., etc... Il n'y verra pas évidemment des preuves en sa faveur, mais il s'efforcera de montrer que ce ne sont pas des preuves. – Je concède, répliquera-t-il, qu'une Terre copernicienne serait renflée à l'équateur, mais la réciproque n'est pas vraie, car rien ne s'oppose à ce qu'une Terre renflée à l'équateur soit immobile. Je concède que des étoiles coperniciennes auraient un mouvement annuel d'oscillation, mais pourquoi des étoiles animées d'un mouvement annuel d'oscillation seraient-elles coperniciennes ?– Et ainsi du reste. En un mot, l'anticopernicien admettra que les coïncidences entre les phénomènes déduits du système copernicien et les phénomènes observés sont des coïncidences fortuites. Une seule réponse pourra lui être faite : – Ces coïncidences sont trop nombreuses pour qu'on les attribue au hasard. – Ici interviennent les questions de la probabilité, de la certitude et du hasard que Poincaré a aussi traitées, mais que nous n'aborderons pas, faute de place. Qu'il nous suffise de voir ce qui intéresse la commodité.

«Abstraction faite du point de vue cinématique, le système copernicien est commode au même titre qu'il est commode d'admettre la réalité des objects extérieurs. C'est là l'idée de Poincaré lui-même. Sous un certain rapport, cette réalité des objets extérieurs est faite pour nous de coïncidences trop nombreuses pour être attribuées au hasard. Un objet, même étrange, même aperçu pour la première fois, sera distingué par nous d'une image hallucinatoire : les circonstances de temps et de lieu, les témoignages de nos divers sens et les témoignages extérieurs liés à la perception de cet objet coïncident avec les circonstances et les témoignages liés à la perception des autres objets appelés réels. Si l'on vous objecte que vous pourriez avoir des hallucinations simultanées et concordantes de la vue, de l'odorat, de l'ouïe et du toucher, que plusieurs personnes pourraient avoir ces mêmes hallucinations, si l'on vous objecte en un mot le hasard, vous répondrez : – Il y a trop de coïncidences. – La commodité est ici une nécessité impérieuse sans laquelle nous ne pourrions pas vivre. Une analogie complète rapproche cette commodité de la commodité du système copernicien, laquelle est aussi une nécessité impérieuse, non pour la vie matérielle, sans doute, mais pour la vie de la science.

«E. Mach, un autre grand philosophe scientifique, fait appel à une notion qui éclaire singulièrement la commodité poincariste, la notion d'économie, économie d'efforts ou plutôt rendement maximum de la pensée. La rotation de la Terre, par exemple, est économique parce qu'elle relie entre eux un grand nombre de phénomènes terrestres et les choses de la Terre aux choses de l'univers tout entier. Tout ce qui enregistre une extension des liens entre les phénomènes économise en effet le travail de la pensée, au même titre que toute amélioration dans le catalogue d'une bibliothèque économise le temps et les efforts des chercheurs. Sans compter que la mémoire conserve plus sûrement tous les faits entre lesquels nous apercevons une relation. Cette loi d'économie scientifique découle, suivant E. Mach, d'une nécessité biologique. Au fond, il a raison, et on voit, en y réfléchissant, que toute la commodité poincariste a la même source [...]».

J. SAGERET, *Henri Poincaré,* pp. 31-32 et pp. 45-53.

«Henri Poincaré a soumis à une critique approfondie les principes classiques de la mécanique, et notamment le principe de relativité. L'énoncé habituel de ce principe est celui-ci : le mouvement d'un système quelconque doit obéir aux mêmes lois, qu'on le rapporte à des axes fixes ou à des axes mobiles entraînés dans un mouvement rectiligne et uniforme. Cela résulte de la forme même de l'équation fondamentale de la dynamique. Mais on peut donner au principe de relativité une signification beaucoup plus étendue que je résume ainsi il est impossible de concevoir l'espace et le temps absolus. – Et pourtant, comment se fait-il qu'on puisse mettre en évidence, par l'expérience de Foucault par exemple, la rotation d'un système, – disons tout de suite, pour fixer les idées, la rotation de la Terre ? N'y

a-t-il pas là une contradiction choquante ?– Mais cette contradiction n'existe que lorsqu'on définit la relativité de deux manières différentes, sans s'en apercevoir. Si nous nous en tenons au point de vue physique, c'est-à-dire si nous adoptons la première définition, il est clair que la rotation de la Terre est bien réelle ; c'est bien la Terre qui tourne, puisqu'elle est aplatie et que le pendule de Foucault oscille ! Mais il est abusif d'en conclure, comme l'a fait Newton, qu'il existe un espace absolu, car lorsque nous nous plaçons à ce point de vue plus général, nous passons de la notion physique de relativité –à laquelle les réalités expérimentales imposent des limites– à la notion psychologique. Une rotation ne peut pas plus nous prouver l'existence de l'espace absolu qu'une horloge ne peut nous prouver celle du temps. Inversement, à ce point de vue psychologique, la rotation de la Terre n'a plus qu'un caractère tout relatif ; elle ne pourait, en effet, avoir de signification absolue que s'il existait un espace absolu. Dès lors, cette affirmation : "la terre tourne", n'a aucun sens, puisqu'aucune expérience ne permettra de la vérifier; puisqu'une telle expérience, non seulement ne pourrait être ni réalisée, ni rêvée par le Jules Verne le plus hardi, mais ne peut être conçue sans contradiction ; ou plutôt ces deux propositions : "la terre tourne", et : "il est plus commode de supposer que la terre tourne", ont un seul et même sens ; il n'y a rien de plus dans l'une que dans l'autre (*Science et Hypothèse*, p. 141).

«J'ai cité textuellement ces paroles, parce que ce sont celles qui ont suscité d'interminables polémiques. Les uns ne les comprirent pas et en conclurent simplement que les savants ne sont pas encore tout à fait certains de la rotation de la Terre ; d'autres s'emparèrent des théories de Poincaré pour les détourner de leur vrai but ; je n'y insiste pas. [...]

«Mais laissons-là ces enfantillages ! – Poincaré, que ces controverses stupides ou intéressées agaçaient, a très nettement exprimé sa pensée au chapitre X, § 7 de *La valeur de la science*. – Il semble qu'en y affirmant que l'hypothèse de la rotation de la Terre conserve le même degré de certitude que l'existence même des objets extérieurs, il ait dû contenter les plus difficiles ; mais ce serait bien mal connaître la nature humaine.

«Voici quelles sont ses conclusions : Dans le système de Ptolémée, les mouvements des corps célestes ne peuvent s'expliquer par l'action de forces centrales, la Mécanique Céleste est impossible. Les rapports intimes que la Mécanique Céleste nous révèle entre tous les phénomènes célestes sont des rapports vrais ; affirmer l'immobilité de la Terre, ce serait nier ces rapports, ce serait donc se tromper.

«La vérité, pour laquelle Galilée a souffert, reste donc la vérité, encore qu'elle n'ait pas tout à fait le même sens que pour le vulgaire, et que son vrai sens soit bien plus subtil, plus profond et plus riche (*La valeur de la science*, p. 274).

«Depuis les travaux d'Einstein, de Minkowski, de Lorentz... et de Poincaré, la notion physique de relativité a subi une extension

nouvelle ; des expériences plus subtiles nous ont obligés à abandonner la convention ancienne pour adopter une convention plus extensive. Cela ne doit point nous étonner. Notre conception du principe de relativité est étroitement liée aux notations d'espace et de temps ; si ces notions évoluent pour s'adapter à une expérience plus riche (et cette évolution, soit dit en passant, manifeste bien leur caractère empirique), il est à prévoir que notre conception de la relativité évoluera aussi».

G. SARTON, *Henri Poincaré,* pp. 39-41.

«Ainsi, strictement parlant, il ne peut y avoir de désaccord concernant des faits vérifiés, mais seulement sur leur interprétation, sur la théorie choisie pour en rendre compte ; or ce choix ne peut être déterminé par l'expérience ; la théorie la plus vraie sera alors la plus “commode” : celle qui mettra en évidence le plus de rapports réels. C'est ce que Poincaré a montré à plusieurs reprises à propos de la rotation de la Terre : elle n'est pas un fait, car sa vérification supposerait l'existence de l'espace absolu, ce qui, pour Poincaré, est absurde, l'espace étant essentiellement relatif. [...]

«Citations très instructives à notre point de vue, car elles définissent très exactement l' “objet” des théories physiques : une réalité –hypothétique– car non accessible à l'expérience».

A.F. SCHMIDT, *Une philosophie de savant,* pp. 81-82.

«Revenant à la rotation de la Terre, dont il avait dit dans *La science et l'hypothèse* que son affirmation est seulement plus commode (p. 178), il précise à présent en quel sens cette affirmation n'est pas conventionnelle. L'objectivité scientifique portant sur les relations et non sur les qualités des phénomènes, le système de Copernic est vrai et non celui de Ptolémée, puisque les relations qui sont en rapport avec l'affirmation de la rotation terrestre sont sans lien pour ce dernier et forment un système cohérent pour le second.

«On voit par là que Poincaré écarte non seulement la philosophie linguistique de la science, le conventionalisme d'un Le Roy, mais même ce qu'on pourrait appeller la philosophie “gradualiste” d'un Duhem, pour laquelle il n'y a ni fait brut ultime, ni différence de nature entre le statut des propositions de l'Arithmétique, de la Géométrie, de la Mécanique et de la Physique. Ainsi sa critique vise d'avance les deux versions modernes du pragmatisme : celles de Carnap et celle de Quine».

J. VUILLEMIN, *Préface* à *La valeur de la science,* p. 15.

Bibliographie

APPELL (P.), *Henri Poincaré.* – Paris : Plon, 1925. – (Nobles vies & Grandes œuvres).

BOREL (É.), *L'espace et le temps.* – Paris : Alcan, 1939. – (Nouvelle collection scientifique).

—, *L'évolution de la mécanique.* – Paris : Flammarion, 1943. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

BROGLIE (L. DE), *Henri Poincaré et les théories de la physique,* dans *Savants et découvertes.* – Paris : Albin Michel, 1951. – pp. 45-65.

BRUNSCHVICG (L.), *L'œuvre d'Henri Poincaré : Le philosophe,* in *Revue de Métaphysique et de Morale,* t. V, 1913, supplément, pp. 585-616.

CAPÉRAN (L.), *L'invasion laïque : De l'avènement de Combes au vote de la séparation.* – Paris : Desclée de Brouwer & Cie, 1935.

DUGAS (R.), *Henri Poincaré devant les principes de la mécanique,* in *Revue Scientifique,* t. LXXXIX, 1951, pp. 75-82.

FLAMMARION (C.), *Henri Poincaré,* in *Bulletin de la Société Astronomique de France*, 1912, pp. 372-375.

—, *Henri Poincaré et sa pensée philosophique,* in *Bulletin de la Société Astronomique de France,* 1912, pp. 418-421.

FOUCAULT (L.), *Démonstration physique du mouvement de la Terre au moyen du pendule*, in *Comptes rendus de l'Académie des Sciences*, t. XXXII, 1851, p. 135.

GAPAILLARD (J.), *Et pourtant elle tourne ! : Le mouvement de la Terre* . – Paris : Seuil, 1993. – (Science ouverte).

GEORGES (A.), *La réponse d'Henri Poincaré,* dans *Qu'est-ce que la science ?*. – Paris : Bloud & Gay, 1926. – pp. 45-95. – (Cahiers de la nouvelle journée ; 5).

GHINS (M.), *L'inertie et l'espace-temps absolu de Newton à Einstein : Une analyse philosophique*. – Bruxelles : Académie Royale de Belgique, 1990. – (Mémoires de la Classe des lettres, collection in-8°, 2e série, t. LXIX, fasc. 2).

GILBERT (L.-Ph.), *Les preuves mécaniques de la rotation de la Terre,* in *Revue des Questions Scientifiques,* t. XI, 1882, pp. 353-393.

GIRARDEAU (É.), *Les aventures de la science*. – Paris : Flammarion, 1957. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

LAUSBERG (A.), *De l'espace absolu de Newton à l'espace-temps d'Einstein,* in *Revue des Questions Scientifiques,* t. CLIV, 1983, pp. 95-108 et pp. 195-215.

LECORNU (L.), *La mécanique : Les idées et les faits.* – Paris : Flammarion, 1918. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

LE ROY (É.), *Henri Poincaré et la critique des sciences,* dans *Congrès international de philosophie des sciences, Paris, 1949*. – Paris : Hermann, 1951. – pp. 47-59. – (Actualités scientifiques et industrielles ; 1126).

MACH (E.), *La mécanique : Exposé historique et critique de son développement* / traduit sur la quatrième édition allemande par É. BERTRAND. – Paris : Hermann, 1904.

MOREUX (Abbé Th.), *La Terre tourne-t-elle ?*, in *Science et Vie*, 1913, n°6, pp. 353-356.

—, *Pour comprendre Einstein !* . – Paris : Doin, 1922. – (Bibliothèque d'éducation scientifique).

NORDMANN (Ch.), *Henri Poincaré, son œuvre scientifique, sa philosophie*, in *Revue des Deux Mondes,* t. LXXXII, 1912, pp. 331-368.

—, *Le Royaume des Cieux*. – Paris : Hachette, 1923. – (Le roman de la science).

PASCOLI (G.), *La gravitation*. – Paris : Presses Universitaires de France, 1989. – (Que sais-je ? ; 2489).

POINCARÉ (H.), *La science et l'hypothèse*. – Paris : Flammarion, 1902. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

—, *La Terre tourne-t-elle ?* in *Bulletin de la Société Astronomique de France,* t. XVIII, 1904, pp. 216-217.

—, *La valeur de la science.* – Paris : Flammarion, 1905. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

—, *Cournot et les principes du calcul infinitésimal,* in *Revue de Métaphysique et de Morale,* 1905, pp. 293-306.

—, *Science et méthode.* – Paris : Flammarion, 1908. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

—, *Dernières pensées.* – Paris : Flammarion, 1913. – (Bibliothèque de philosophie scientifique).

—, *La mécanique nouvelle.* – Paris : Gauthier-Villars, 1924.

POIRIER (R.), *Henri Poincaré et le problème de la valeur de la science,* dans *Œuvres de Henri Poincaré*. – Tome XI. – Paris : Gauthier-Villars, 1956. – pp. 176-202.

REY (A.), *La théorie de la physique chez les physiciens contemporains.* – 2e édition revue et augmentée d'un aperçu sur l'évolution actuelle de la physique. – Paris : Alcan, 1923. – (Bibliothèque de philosophie contemporaine).

SAGERET (J.), *Henri Poincaré.* – Paris : Mercure de France, 1911. – (Les hommes et les idées).

—, *La révolution philosophique et la science.* – Paris : Alcan, 1924. – (Nouvelle collection scientifique).

SARTON (G.), *Henri Poincaré (1854-1912),* in *Ciel et Terre,* 1913, pp. 1-48.

SCHMID (A.-Fr.), *Une philosophie de savant : Henri Poincaré & la logique mathématique.* – Paris : Maspero, 1978. – (Algorithme).

TANNERY (J.), *Science et philosophie.* – Paris : Alcan, 1911. – (Nouvelle collection scientifique).

TOULOUSE (Dr), *Henri Poincaré : Enquête médico-psychologique sur la supériorité intellectuelle.* – Paris : Flammarion, s.d.

VOISÉ (W.), *La découverte copernicienne aux yeux d'Henri Poincaré,* in *Revue de Synthèse*, 3e série, t. XCIV, 1973, n°69, pp. 125-133.

VUILLEMIN (J.), *Préface* à la réédition de *La valeur de la science de H. Poincaré*. – Paris : Flammarion, 1970. – pp. 7-15. – (Sciences de la nature).

Paul Lévy
et les fondements du calcul des probabilités

Michel Willem
Professeur à l'Université catholique de Louvain

I. Introduction

Nous lisons dans les *Éléments d'histoire des mathématiques* de Nicolas Bourbaki que la théorie des probabilités «autrefois prétexte à devinettes et à paradoxes» est «devenue une branche de la théorie de l'Intégration depuis son axiomatisation par Kolmogoroff» (1). Beaucoup d'auteurs partagent ce point de vue. Par exemple Adams et Guillemin affirment que «probability theory become a respectable mathematical discipline only in the early 1930» (2).

Or personne n'a jamais écrit que le calcul différentiel et intégral est devenu respectable depuis que Cauchy et Weierstrass lui ont apporté un fondement rigoureux.

Comme Paul Lévy a contribué de manière essentielle au calcul des probabilités avant l'axiomatisation de Kolmogoroff, il nous a semblé intéressant d'étudier son œuvre entre 1920 et 1925.

L'exposé comprend quatre parties : une description sommaire du calcul des probabilités avant 1920, la biographie de Paul Lévy, ses travaux entre 1920 et 1925 et la question du fondement du calcul des probabilités.

(1) N. BOURBAKI, *Éléments d'histoire des mathématiques*, p. 258.
(2) M. ADAMS - V. GUILLEMIN, *Measure theory and probalility*, p. VII.

II. Histoire du calcul des probabilités

Le calcul des probabilités est né de l'étude des jeux de hasard (pile ou face, dés, cartes, roulette). Les premiers traités sont dus à Jérôme Cardan (1501-1576) et à Galilée (1564-1642). Toutefois, Pascal (1623-1662) et Fermat (1601-1665) sont reconnus comme les véritables fondateurs du calcul des probabilités. (Observons que le *Traité de la roulette* de Pascal est consacré à une courbe nommée cycloïde et non au jeu de la roulette).

Dans le cas des jeux de hasard, il s'agit de probabilités finies, car le nombre de cas possibles est fini, et, pour des raisons de symétrie, les différents cas sont également probables.

Nous ne décrirons que trois résultats classiques : 1) la loi des grands nombres de Jacques Bernoulli ; 2) le théorème de la limite centrale et 3) la loi forte des grands nombres de Borel.

Nous considérons n variables aléatoires $X_1, ..., X_n$ indépendantes, mais soumises à la même probabilité. En nous limitant au jeu de pile ou face, nous associons pile à -1 et face à +1. Nous pouvons alors énoncer les résultats suivants :

Loi des grands nombres

Pour chaque $\epsilon > 0$,

$$\lim_{n \to \infty} p[\,|\frac{1}{n}(X_1 + \cdots + X_n)| > \epsilon\,] = 0.$$

La loi des grands nombres signifie qu'une longue suite de lancers où la fréquence de pile s'éloignerait sensiblement de 1/2 est très peu probable, ce qui ne signifie pas impossible. En effet, une suite constituée uniquement de piles est aussi probable que toute autre suite donnée à l'avance ! Par contre, le nombre de suites telles que la fréquence s'éloigne sensiblement de 1/2 devient très petit par rapport au nombre total de suites.

Théorème de la limite centrale

Pour tout nombre réel c,

$$\lim_{n \to \infty} p\,[\,\frac{1}{\sqrt{n}}(X_1 + \cdots + X_n) < c\,] = \int_{-\infty}^{c} \frac{1}{\sqrt{2\pi}} \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx.$$

Le théorème de la limite centrale précise la loi des grands nombres. Il est dû à de Moivre et à Laplace.

Loi forte des grands nombres

Pour presque toute suite (X_n),

$$\lim_{n \to \infty} \frac{1}{n} (X_1 + \cdots + X_n) = 0.$$

L'énoncé du théorème précédent fait intervenir la mesure de Lebesgue. Nous associons pile à 0 et face à 1. À chaque suite (X_n) de variables aléatoires correspond alors le développement binaire

$$0.\ X_1 X_2 \cdots X_n \cdots$$

d'un point de l'intervalle [0,1]. Au sens de la mesure de Lebesgue, l'ensemble des nombres qui ne vérifient pas

$$\lim_{n \to \infty} \frac{1}{n} (X_1 + \cdots + X_n) = \frac{1}{2}$$

est négligeable.

En introduisant la théorie de la mesure, Borel révolutionne le calcul des probabilités.

III. Biographie de Paul Lévy

Paul Lévy est né à Paris le 15 septembre 1886. Son grand-père était professeur de mathématique. Son père, Lucien Lévy, fut pendant 23 ans examinateur de l'École polytechnique. L'une de ses filles, Madame Laurent Schwartz, est une mathématicienne connue.

Paul Lévy a obtenu au concours général un premier prix de thème grec et un prix de mathématique. Reçu premier à l'École normale et second à l'École polytechnique, il choisit cette dernière. Sorti dans le corps des mines, il s'oriente vers la recherche mathématique. Il soutient, en 1911, une thèse sur l'analyse fonctionnelle devant Jacques Hadamard, Émile Picard et Henri Poincaré. Hadamard apprécie beaucoup ses travaux. En 1919, Paul Lévy est chargé du cours Peccot. En 1920, il est nommé professeur d'analyse à l'École polytechnique. Il y enseignera jusqu'à l'âge de 73 ans en 1959. Les lois

raciales, promulguées par le régime de Vichy, l'ont privé de la chaire entre 1940 et 1944. Laurent Schwartz, beau-fils de Paul Lévy, sera professeur d'analyse à l'École polytechnique de 1959 à 1980.

C'est par hasard que Paul Lévy s'est intéressé au calcul des probabilités. En 1919, Carvallo, directeur des études à l'École polytechnique, lui demande de faire trois conférences sur la loi de Gauss et la théorie des erreurs. En consultant les traités classiques de Bertrand, de Poincaré et de Borel, Lévy ne trouve aucune démonstration correcte. Il introduit alors les notions de fonction de répartition et de fonction caractéristique qui lui permettent de démontrer le théorème de la limite centrale. Le texte des conférences est perdu, mais les résultats sont repris dans trois notes aux *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* publiées en 1922 et dans un traité de calcul des probabilités publié en 1925.

Paul Lévy s'intéresse ensuite aux processus aléatoires et au mouvement brownien. Tous ces travaux lui valent une renommée mondiale.

En 1967, à 81 ans, il publie un magistral article sur les mathématiques et l'Académie des sciences de Paris entre 1866 et 1966. D'après Fréchet, «par sa hauteur de vue, il se compare avec avantage à l'histoire des mathématiques de Bourbaki» [3].

En 1970, paraît *Quelques aspects de la pensée d'un mathématicien*. Dans ce livre extraordinaire, Paul Lévy raconte sa vie mathématique et expose ses opinions philosophiques. Il s'éteint le 15 décembre 1971.

Les 10 livres et les 268 articles de Paul Lévy ont été écrits dans des conditions très favorables. Son cours à l'École polytechnique n'avait lieu qu'une année sur deux et comprenait quarante conférences. Bien que très populaire, il n'avait pratiquement pas de contact avec les élèves et très peu de réunions. On devine que des technocrates vigilants ont mis fin à cette situation scandaleuse.

IV. Travaux de Paul Lévy entre 1920 et 1925

Les trois notes au *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris* de 1922 sont développées dans le *Calcul des probabilités* publié en 1925. Nous suivrons cet ouvrage.

(3) M. FRECHET, *Lettres à Paul Lévy*, p. 55.

Par définition, «une loi de probabilité à une variable peut être représentée par une répartition sur l'axe des x de masses positives et de sommes égales à l'unité... Analytiquement, nous définirons une loi de probabilité, ou la répartition de masse correspondante, par la fonction F(x) qui représente la somme des masses situées dans l'intervalle] - ∞, x [».

La *fonction de répartition F* de *X* est donc définie sur $\mathbb{R}$ par

$$F(x) := p\ (X < x).$$

Elle jouit de trois propriétés :

(F1) F est croissante,

(F2) F est continue à gauche,

(F3)
$$\lim_{x \to -\infty} F(x) = 0, \quad \lim_{x \to \infty} F(x) = 1.$$

Pour toute fonction continue $u : \mathbb{R} \to \mathbb{R}$ nulle en dehors de $[-a,a]$, nous pouvons calculer l'espérance

$$E(u) := \int_{\mathbb{R}} u(x)\,dF(x)$$

en passant à la limite sur les sommes de Riemann-Stieltjes :

$$S_n := \sum_{k \in \mathbf{Z}} u\left(\frac{k}{2^n}\right) \left(F\left(\frac{k+1}{2^n}\right) - F\left(\frac{k}{2^n}\right) \right).$$

Selon un résultat classique de Lebesgue, *F* est la somme de 3 fonctions croissantes :

$$F = F_d + F_c + F_s.$$

La fonction F_d est constante en dehors des points de discontinuité de *F* et correspond aux masses discrètes. La fonction F_c est absolument continue et sa dérivée F_c' correspond à la densité. La fonction singulière F_s ne varie que sur un ensemble négligeable.

Alors que les masses discrètes et les densités étaient bien connues en probabilité, les mesures singulières sont tout à fait nouvelles. Paul Lévy parvient ainsi à la notion générale de probabilité sur la droite réelle.

La *fonction caractéristique* φ de X est définie sur $\mathbb{R}$ par

$$\varphi(y) := E(e^{ixy}) = \int_{\mathbb{R}} e^{ixy}\, dF(x).$$

Le lecteur reconnaît, au signe près, la transformée de Fourier. Le théorème de Lévy affirme que, si pour tout $y \in \mathbb{R}$,

$$\varphi_n(y) := \int_{\mathbb{R}} e^{ixy}\ dF_n(x) \to \varphi(y) := \int_{\mathbb{R}} e^{ixy}\ dF(x)$$

alors, pour toute fonction bornée et continue u,

$$\int_{\mathbb{R}} u(x)\ dF_n(x) \to \int_{\mathbb{R}} u(x)\ dF(x).$$

La convergence des fonctions caractéristiques assure donc la convergence étroite des mesures. (En fait, le théorème de Levy est encore plus fort).

Soient X et Y des variables aléatoires indépendantes, la fonction de répartition et la fonction caractéristique de $X + Y$ sont données par

$$F_{X+Y} = F_X \star F_{Y,}\ {}_{\Phi X+Y} = \varphi_X \varphi_Y\ .$$

En effet, la transformation de Fourier échange la convolution et la multiplication.

Les outils précédents permettent à Lévy de prouver le théorème de la limite centrale. Considérons une suite de variables aléatoires indépendantes et identiquement réparties (X_n) telle que, après normalisation,

$$E(X_1) = 0, E(\ (X_1 - E(X_1)\ )^2\ ) = 1.$$

Alors, pour tout nombre réel c,

$$\lim_{n \to \infty} p\left[\frac{1}{\sqrt{n}}\ (X_1 + \cdots + X_n) < c\right] = \int_{-\infty}^{c} \frac{1}{\sqrt{2}\pi}\ \exp\left(\frac{-x^2}{2}\right) dx.$$

En fait, Lévy retrouve en les généralisant des résultats de l'école russe. En 1934, il obtient les conditions nécessaires et suffisantes pour la convergence, après normalisation, vers la loi de Laplace-Gauss.

L'approche indiquée conduit naturellement à l'axiomatique de Kolmogoroff et aux distributions de Schwartz.

Considérons un ensemble de partie B d'un ensemble Ω. Supposons que B contienne Ω et ϕ et soit stable par intersection, passage au complémentaire et union dénombrable.

Une *mesure de probabilité* sur Ω associe à chaque élément B de B un nombre réel $\mu(B)$ tel que

(M1) $\mu(\phi) = 0$, $\mu(\Omega) = 1$.

(M2) Pour toute suite (B_n) de parties disjointes de B,

$$\mu\left(\bigcup_{n=1}^{\infty} B_n\right) = \sum_{n=1}^{\infty} \mu(B_n).$$

L'axiome (M2) n'est autre que le principe des probabilités totales. Une remarque du *Calcul des probabilités* de Paul Lévy préfigure l'axiomatique de Kolmogoroff :

> «Dans le cas général, en empruntant le langage de la théorie des ensembles abstraits, on peut dire que le principe des probabilités totales exprime que la probabilité totale est une *fonctionnelle additive* de l'ensemble dont chaque élément est un groupe de cas possibles ; elle doit être toujours positive ou nulle, et avoir la valeur unité pour le groupe de tous les cas possibles. Se donner une loi de probabilité, c'est se donner les éléments suffisants pour la définition de la fonctionnelle ; s'ils sont surabondants, ils devront être compatibles» (4).

Si $\Omega = \mathbb{R}$, la relation entre la mesure de probabilité et la fonction de répartition est donnée par la formule $F(x) = \mu(\,]-\infty, x[\,)$.

Fréchet découvre la mesure abstraite des ensembles en 1915 dans un article prophétique qui ne figure pas dans la bibliographie de l'histoire des mathématiques de Bourbaki.

Or, depuis 1921, Fréchet s'intéresse aux probabilités. Pourquoi n'a-t-il pas axiomatisé cette théorie avant Kolmogoroff ?

(4) P. LÉVY, *Calcul des probabilités*, p. 11.

Considérons maintenant l'espace $K(\mathbb{R})$ des fonctions continues sur $\mathbb{R}$ et nulles en-dehors d'un intervalle [-a,a] (qui dépend de la fonction). *Une mesure de Radon positive* associe à chaque fonction u de $K(\mathbb{R})$ un nombre $<\mu, u>$ tel que

(R1) $<\mu, \alpha u + \beta u> = \alpha <\mu, u> + \beta <\mu, u>$.

(R2) $u \geq 0 \Rightarrow <\mu, u> \geq 0$.

Il est clair que l'intégrale de Riemann-Stieltjes associée à une fonction de répartition définit une mesure de Radon positive. D'après un théorème célèbre de Riesz, toute mesure de Radon positive telle que $<\mu, 1> = 1$ est l'intégrale de Riemann-Stieltjes d'une fonction de répartition. Ainsi apparaît la dualité qui conduit naturellement aux distributions définies par Schwartz en 1945. En effet, une distribution est une forme linéaire continue sur un certain espace fonctionnel. Sans quitter le cadre de l'intégrale de Riemann-Stieltjes, nous observons que la mesure de Dirac δ associée à la fonction de répartition

$$F(x) \begin{array}{l} := 0, \quad x < 0, \\ := 1, \quad x \geq 0, \end{array}$$

a pour fonction caractéristique

$$\varphi(y) = \int_{\mathbb{R}} e^{ixy} \, dF(x) = 1.$$

Nous retrouvons ainsi la formule classique $\hat{\delta} = 1$. La théorie des distributions permet de dériver les mesures de Radon et de prouver, par exemple, que

$$\hat{\delta}^{(k)} = (iy)^k.$$

V. Fondements du calcul des probabilités

Nous distinguerons les axiomes et leur interprétation.

Paul Lévy est résolument platonicien. Pour lui, l'axiome du choix est évident et l'hypothèse du continu «vraie pour Dieu, indémontrable pour

l'homme» (5). Il renforce l'exigence classique d'évidence des axiomes : «Les travaux où l'on se contente d'énoncer des axiomes, qui souvent ne sont pas plus évidents que le théorème que l'on veut démontrer, et d'en déduire la démonstration de ce théorème, sont sans intérêt» (6).

Tout autre est, par exemple, la doctrine de Buffon :

> «Nous avons fait les suppositions, nous les avons combinées de toutes les façons, ce corps de combinaison est la science mathématique ; il n'y a rien dans cette science que nous n'y avons mis, et les vérités qu'on en tire ne peuvent être que des expressions différentes sous lesquelles se présentent les suppositions que nous avons employées [...] Et comme les définitions sont les seuls principes sur lesquels tout est établi, et qu'elles sont arbitraires et relatives, toutes les conséquences qu'on en peut tirer sont également arbitraires et relatives... Ce qu'on appelle vérités mathématiques se réduit donc à des identités d'idées et n'a aucune réalité ; nous supposons, nous raisonnons sur nos suppositions, nous en tirons des conséquences, nous concluons, la conclusion ou dernière conséquence est une proposition vraie relativement à notre supposition, mais cette vérité n'est pas plus réelle que la supposition elle-même» (7).

Cet extrait du *Premier discours* de *L'Histoire naturelle* date de 1749. L'histoire semble donner raison à Buffon. L'axiomatique de Kolmogoroff n'est pas l'explication *a priori* de la notion de probabilité qui s'est longtemps passé d'un tel fondement. Son mérite est de permettre au calcul des probabilités d'aller de l'avant en mettant entre parenthèse les problèmes philosophiques. L'axiomatique se justifie donc *a posteriori* par son succès. Elle montre aussi clairement que le calcul des probabilités appartient aux mathématiques et non aux sciences de la nature.

En ce qui concerne l'interprétation des probabilités, Paul Lévy est résolument subjectiviste : «Quand je dis que deux événements sont également probables, cela veut dire que je n'ai aucune raison de m'attendre à l'un

(5) P. LÉVY, *Quelques aspects de la pensée d'un mathématicien*, p. 221.
(6) P. LÉVY, *Calcul des probabilités*, p. 12.
(7) BUFFON, *Premier discours*, p. 247.

plutôt qu'à l'autre. C'est là une notion essentiellement subjective, et la science reposant sur cette matière est une science de raisonnement» [(8)]. Rappelons que, pour Laplace, le hasard n'est que «l'expression de l'ignorance où nous sommes des véritables causes» [(9)]. Paul Lévy, qui est strictement déterministe, se situe dans la tradition de Laplace. Selon l'interprétation objective, qui remonte à Cournot, la probabilité représente une réalité objective indépendante de l'état de nos connaissances.

Ici encore citons le *Premier discours* de Buffon :

> «Une suite de faits semblables ou, si l'on veut, une répétition fréquente et une succession non interrompue des mêmes événements, fait l'essence de la vérité physique : ce qu'on appelle vérité physique n'est donc qu'une probabilité, mais une probabilité si grande qu'elle équivaut à une certitude [...]. L'évidence mathématique et la certitude physique sont donc les deux seuls points sans lesquels nous devons considérer la vérité; dès qu'elle s'éloignera de l'une ou de l'autre, ce n'est plus que vraisemblance et probabilité. Examinons donc ce que nous pouvons savoir de science évidente ou certaine, après quoi nous verrons ce que nous ne pouvons connaître que par conjecture, et enfin ce que nous devons ignorer» [(10)].

(8) P. LÉVY, *Le raisonnement et l'expérience dans les fondements des mathématiques*, p. 330.

(9) LAPLACE, *Essai philosophique sur les probabilités*, p. 2.

(10) BUFFON, *Premier discours*, p. 248.

Bibliographie

ADAMS (M.) - GUILLEMIN (V.), *Measure theory and probability*. – Monterey : Wadsworth and Brooks, 1986.

BOURBAKI (N.), *Éléments d'histoire des mathématiques*. – Paris : Hermann, 1960.

BUFFON (G.L.), *Premier discours*, dans *Buffon, 1788-1988*. – Paris : Imprimerie Nationale, 1988. – pp. 219-253.

DIEUDONNÉ (J.), *Notice nécrologique sur Paul Lévy*, in *Comptes rendus de l'Académie des Sciences de Paris : Vie Académique*, t. CCLXXIV, 1972, pp. 137-144.

FRECHET (M.), *Sur l'intégrale d'une fonctionnelle étendue à un ensemble abstrait*, in *Bulletin de la Société Mathématique de France*, t. XLIII, 1915, pp. 248-265.

—, *Lettres à Paul Lévy*, in *Cahiers du Séminaire d'Histoire des Mathématiques*, t. I, 1980, pp. 54-57.

LAPLACE (P.S.), *Essai philosophique sur les probabilités*. – Paris : Courcier, 1814.

LÉVY (P.), *Calcul des probabilités*. – Paris : Gauthier-Villars, 1925.

—, *Le raisonnement et l'expérience dans les fondements des mathématiques*, in *Scientia*, t. XLVII, 1930, pp. 325-334.

—, *Les mathématiques*, dans *Académie des sciences : Troisième centenaire, 1666-1966*. – Paris : Gauthiers-Villars, 1967. – pp. 143-212.

—, *Quelques aspects de la pensée d'un mathématicien*. – Paris : A. Blanchard, 1970.

LOEVE (M.), *Paul Lévy, 1886-1971*, in *Annals of Probability*, t. I, 1973, pp. 1-18.

SCHWARTZ (L.), *Quelques réflexions et souvenirs sur Paul Lévy*, in *Astérisque*, t. CLVII-CLVIII, 1988, pp. 13-28.

Table des illustrations

Index

Table des matières

Réminisciences

Collection du Centre interfacultaire
d'étude en histoire des sciences

Responsables :
P. Radelet et J.-Fr. Stoffel

Paru

J.-Fr. STOFFEL, *Pierre Duhem et ses doctorands : Bibliographie de la littérature primaire et secondaire* / introduction de St.L. JAKI. – 1996, 325 p. – (Réminisciences ; 1). – 1.200 fr.

À paraître

Mgr Georges Lemaître, savant & croyant : Actes du colloque commémoratif du centième anniversaire de sa naissance (Louvain-la-Neuve, le 4 novembre 1994) suivi de *«La physique d'Einstein», texte inédit de Georges Lemaître* / édités par J.-Fr. STOFFEL. – 1996, 373 p. – (Réminisciences ; 3). – 1.350 fr.

Comité de lecture du présent volume

A. Allard - J. Mawhin -
P. Radelet - A. Tihon